

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Fernanda Viana Paiva Arguello**

**EXPANSÃO DO EUCALIPTO NO TRECHO PAULISTA DA  
BACIA HIDROGRÁFICA PARAÍBA DO SUL**

**Taubaté - SP  
2010**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Fernanda Viana Paiva Arguello**

**EXPANSÃO DO EUCALIPTO NO TRECHO PAULISTA DA  
BACIA HIDROGRÁFICA PARAÍBA DO SUL**

Dissertação apresentada para obtenção  
do Título de Mestre pelo Curso de  
Ciências Ambientais, do Departamento  
de Ciências Agrárias da Universidade de  
Taubaté.

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Getúlio Teixeira  
Batista.

**Taubaté - SP  
2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo  
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

A687e Arguello, Fernanda Viana Paiva  
Expansão do eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul / Fernanda Viana Paiva Arguello. - 2010.  
25 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2010.  
Orientação: Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista, Departamento de Ciências Agrárias.

1. Áreas de preservação permanente. 2. Bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. 3. Cultivo de eucalipto. 4. Geoprocessamento. 5. Sensoriamento remoto. I. Título.

**FERNANDA VIANA PAIVA ARGUELLO**

**EXPANSÃO DO EUCALIPTO NO TRECHO PAULISTA DA BACIA  
HIDROGRÁFICA PARAÍBA DO SUL**

Dissertação apresentada para obtenção  
do Título de Mestre pelo Curso de  
Ciências Ambientais, do Departamento  
de Ciências Agrárias da Universidade de  
Taubaté.

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Getulio Teixeira  
Batista

Data: 17-06-2010

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof .Dr. Getulio Teixeira Batista

Universidade de Taubaté

Assinatura\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Universidade Federal de São Carlos

Assinatura\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Yosio Edemir Shimabukuro

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Assinatura\_\_\_\_\_

**Taubaté - SP  
2010**

**Dedico este trabalho aqueles que nunca deixaram de lutar um dia sequer, os quais me ensinaram os maiores e melhores exemplos da minha vida: simplicidade e superação, aos meus queridos pais Claudinez e Isabel e, meu infinito amor Marcelo.**

**Aos meus mais queridos amigos: Fátima, André, Murilo, Ariadne, Daniela e Pablo, Flávio, entre outros.**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Getulio Teixeira Batista por sua total compreensão e dedicação em muitos momentos de dificuldade.

Ao querido professor Dr. Flávio Jorge Ponzoni por sua extrema paciência, habilidade para ensinar-me e principalmente amizade.

Ao grande amigo Moisés por sua cumplicidade em ensinar e socorrer-me nos momentos complicados.

Aos meus amigos do INPE José Carlos Moreira, Eliana Kalil, Carlos Felgueiras, Terezinha e Sandra, pela vital ajuda nos problemas que pareciam insolúveis.

Ao professor Dr. Nelson e todos os professores que contribuíram para construção do meu aprendizado.

A Jeni por sua imprescindível ajuda e ao professor Dr. Marcelo Targa por garantir a realização desse curso.

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento da UNITAU.

Aos meus amigos da turma XVI que tanto sentirei saudades pelos inúmeros momentos de alegria e amizade.

Aos meus familiares, amigos próximos que tanto contribuíram para realização desse sonho, em especial minha querida sogra Maria Tereza e a tia Lourdes.

A UNITAU que viabilizou a aquisição dos novos conhecimentos.

Ao INPE por disponibilizar as imagens de satélite e o software SPRING.

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo por disponibilizar a base de dados.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

## **EXPANSÃO DO EUCALIPTO NO TRECHO PAULISTA DA BACIA**

### **HIDROGRÁFICA PARAÍBA DO SUL**

A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul tem sido usada para diversas atividades agrícolas há mais de quatrocentos anos. Recentemente, a expansão do plantio do eucalipto na bacia tem provocado questionamentos sobre as interferências ambientais e socioeconômicas. Dessa forma, essa pesquisa teve por objetivo avaliar a expansão da área plantada com eucalipto, por município, no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul entre 2000 e 2007. A metodologia envolveu a identificação e o mapeamento de talhões de eucalipto em 2007 com base na análise e interpretação das imagens TM/Landsat-5 (2006/2007) usando como referência o mapeamento realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo (IF) relativo ao ano base de 2000. Dessa forma, foi gerado o mapa temático das áreas de ocorrência dos plantios em 2007 que foi recortado pelos limites dos municípios que ocorrem nessa bacia hidrográfica. Com base no modelo digital de terreno (MDT), obtido a partir das cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, foi feito o levantamento das Áreas de Preservação Permanente de: margens de rios de até 10 m, declividade maior ou igual a 45° e APP de nascentes. Foi feito o cruzamento das APP com as áreas plantadas com eucalipto e com a malha municipal. Os dados da estimativa das áreas plantadas foram comparados com os dados referentes ao ano de 2000 do IF e revelou um aumento de 32,2% na área plantada com eucalipto na região até 2007. O resultado da estimativa de 2007 foi comparado com dados do Projeto LUPA da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo referentes a 2007 e apenas uma diferença de 1,4% foi encontrada, considerando o conjunto de todos os municípios. Foi observado que a expansão dos cultivos ocorreu nos três dos tipos de APP analisados, assim como, em áreas serranas.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul; Cultivo de Eucalipto; Áreas de Preservação Permanente; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento.

## **EXPANSION OF EUCALYPTUS IN THE PAULISTA PORTION OF THE PARAÍBA DO SUL BASIN**

The Paraíba do Sul basin has been used for several agricultural activities for more than four hundred years. Recently, the expansion of *Eucalyptus* plantations in this basin has led to questions about environmental and socioeconomic issues. This study assessed the expansion of the area planted to *Eucalyptus*, by municipality, in São Paulo state, in the river basin of the Paraíba do Sul from 2000 to 2007. The methodology of this study involved the identification and mapping of *Eucalyptus* in 2007 based on the analysis and interpretation of Landsat-5 TM imagery acquired in 2006/2007 using the mapping produced by the Forestry Institute of São Paulo (IF) for the year 2000 as a reference. Thus, a thematic map of the occurrence of *Eucalyptus* in 2007 was generated and overlaid upon the boundaries of the municipalities of the basin. Areal estimates of *Eucalyptus* plantations of each municipality were compared with data from the year 2000 (IF) and revealed an increase of 32.2% in the cultivated area in the region up to 2007. The results from 2007 were also compared with data from the project LUPA from the Secretary of Agriculture of São Paulo State also from 2007 and a difference of only 1.4% was found, considering the set of all municipalities. Based on a digital elevation model (DEM) obtained from the 1:50,000 topographic maps of IBGE, an outline of Permanent Preservation Areas (PPA) was done for: rivers up to 10 m wide, slopes greater than or equal to 45 degrees and around water springs. Then, an overlay of the PPA layer was superimposed to the map of areas planted with *Eucalyptus* and municipalities boundaries. It was observed that the expansion of crops occurred in all three types of APP analyzed, and in mountainous areas.

**Keywords:** Basin of the Paraíba do Sul; Cultivation of Eucalyptus; Permanent Preservation Areas, Remote Sensing, GIS.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto na área de estudo estimada em 2000 e 2007.....	44
Tabela 2. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul em 2007, por esse trabalho e pelo Projeto LUPA.....	47
Tabela 3. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP de declividade 45° no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2000 e 2007.....	48
Tabela 4. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP margens de rios 10m no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul para 2001 e 2007.....	51 e 52
Tabela 5. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP Rio Paraíba do Sul no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2001 e 2007...54 e 55	
Tabela 6. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto no entorno de APP de nascentes no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2001 e 2007.....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Composição colorida do trecho paulista na Bacia Hidrográfica Paraíba do Sul.....	30
Figura 2. Exemplo do resultado de segmentação (polígonos contornados por linhas amarelas).....	33
Figura 3. Exemplo dos polígonos com formações florestais em tons avermelhados.....	34
Figura 4. Exemplo dos polígonos em tons de verde escuro, já classificados pelo IF.....	34
Figura 5. Exemplo dos polígonos com a atualização dos novos plantios em tons verde-claro.....	35
Figura 6. Mapa de ocorrência do eucalipto por município.....	35
Figura 7. Tabela (à direita) extraída da tela do SPRING para exemplificar uma consulta ao banco de dados.....	36
Figura 8. Exemplo de uma área no mapa resultante do delineamento das APP de margens de rios 10m.....	37
Figura 9. Exemplo de uma área no mapa resultante do delineamento das APP de declividade 45°.....	38
Figura 10. Exemplo de um trecho do mapa resultante da demarcação do entorno das APP de nascentes.....	39
Figura 11. Mapa resultante das áreas de plantio do eucalipto 2000, em áreas de APP.....	41
Figura 12. Mapa resultante das áreas de plantio do eucalipto 2007 em áreas de APP.....	42
Figura 13. Os municípios de Paraibuna e Santa Branca representam as maiores áreas de ocorrência de eucalipto em 2007.....	45
Figura 14. Exemplo visual do incremento do cultivo do eucalipto no período de 2000 e 2007.....	45
Figura 15. Exemplo da expansão do reflorestamento com eucalipto no município de Redenção da Serra para 2007 e 2000.....	46
Figura 16. Exemplo de APP declividade de 45° em um trecho do município de Queluz, localizado sob o Mapa de APP declividade de 45°.....	49
Figura 17. Municípios com áreas expressivas de APP de declividade 45° no trecho paulista da bacia: Bananal, São José do Barreiro e Queluz.....	50
Figura 18. Exemplo de APP margens de rios em um trecho do município de Cunha, localizado sob o Mapa de APP margens de rios.....	52
Figura 19. Municípios com áreas expressivas de APP de margens de rio 10m no trecho paulista da bacia: São José dos Campos e Cunha.....	53
Figura 20. Exemplo de APP rio Paraíba do Sul em um trecho do município de São José dos Campos, localizado sob o Mapa de APP rio Paraíba do Sul.....	55
Figura 21. Exemplo do entorno de APP de nascente em um trecho do município de São José dos Campos, localizado sob o Mapa de entorno de APP de nascente.....	56
Figura 22. Municípios com áreas expressivas de APP nascentes no trecho paulista da bacia: Cunha e São José dos Campos Municípios com áreas expressivas no entorno de APP de nascentes no trecho paulista da bacia: Cunha e São José dos Campos.....	58

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivo.....</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivo geral.....	5
2.1.1 Objetivos específicos.....	5
<b>3. Revisão de literatura.....</b>	<b>7</b>
3.1 Definição de Bacia Hidrográfica.....	7
3.1.1 Importância da Bacia Hidrográfica para o Meio Ambiente.....	7
3.2 A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.....	8
3.2.1 A Bacia do Rio Paraíba do Sul (trecho paulista) como Unidade de Planejamento.....	9
3.3 Áreas de Preservação Permanente.....	10
3.3.1 Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (trecho paulista).....	13
3.3.2 Fiscalização em Áreas de Preservação Permanente.....	14
3.4 O Cultivo de Eucalipto.....	17
3.5 Geotecnologias e Monitoramento Ambiental.....	20
3.5.1 Caracterização das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.....	24
<b>4. Material e métodos.....</b>	<b>29</b>
4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	29
4.2 Principais Etapas da Metodologia.....	31
4.2.1 1ª Fase-Identificação e Mapeamento das Áreas de Eucalipto em 2007 no trecho paulista da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul.....	31
4.2.2 2ª Fase-Levantamento das Áreas de Preservação Permanente.....	36
4.2.3 3ª Fase-Cruzamento das Áreas de Preservação Permanente com as áreas plantadas de Eucalipto.....	40
4.2.4 4ª Fase-Elaboração dos Mapas Temáticos com Reflorestamento em Áreas de Preservação Permanente referentes a 2000 e 2007.....	41
<b>5. Resultados e discussão.....</b>	<b>43</b>
5.1. Análise das áreas de ocorrência de Eucalipto em 2001 e 2007.....	43
5.2. Análise das Áreas de Preservação Permanente.....	47
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>60</b>
<b>Referências.....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul (trecho paulista) tem sido palco de diversas atividades agrícolas econômicas, como o cultivo de café, cana-de-açúcar, pecuária e o plantio do eucalipto em alguns lugares da bacia, ocasionando questionamentos sobre as interferências ambientais e socioeconômicas que essa silvicultura poderá causar.

As atividades de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas ao longo dos séculos elucidaram a situação dos impactos ambientais no Brasil.

Como citado por Ribeiro, Soares, Oliveira e Gleriani (2005) os recursos hídricos como rios, lagos e represas têm demonstrado que a qualidade e disponibilidade de água têm sido prejudicadas pelo uso inadequado, resultante da exploração indiscriminada desses recursos durante o processo de colonização e consolidação do território brasileiro, no qual, áreas de florestas foram substituídas pela agricultura, pecuária e mineração.

Segundo Sato, Avelar e Netto (2007) o Vale do Paraíba teve seus solos degradados pela cafeicultura intensiva e, tem hoje, uso predominante de pastagens para criação de rebanhos bovinos, além de atividades agrícolas como o cultivo do arroz. Recentemente, apontaram-se alguns questionamentos sobre os possíveis impactos na região, a partir do cultivo do *Eucalyptus spp.* (eucalipto), tais como: a erosão, o balanço hídrico, a substituição das pequenas propriedades por grandes latifúndios, o êxodo rural, e o desemprego, entre outras.

De acordo com Vianna, Sato, Fernandes e Netto (2007) a prática de cultivo do eucalipto tem se estabelecido em extensas áreas rurais desde meados do século passado, trazendo novas oportunidades econômicas às áreas já consideradas ambientalmente prejudicadas.

Diante de tantas incertezas sobre o uso dos solos na região, o plantio do eucalipto como forma de desenvolvimento sustentável requer a participação de três setores: o setor

empresarial, a comunidade local e a comunidade científica, cujos questionamentos diferenciam-se muito uns dos outros.

Segundo Batista, Dias, Castro e Moreira (2007) o setor empresarial apresenta a silvicultura de eucalipto como possibilidade para o avanço econômico da região, considerando um possível aumento na demanda pelos produtos florestais no mundo, cujo Estado de São Paulo é apontado como o maior em área de plantio do Brasil e o Vale do Paraíba, uma das áreas mais promissoras para a expansão dessa prática, devido ao clima e ao solo já degradado pelas atividades previamente exercidas.

Porém, a comunidade local está receosa quanto ao cultivo do eucalipto na bacia, que tem sido alvo de inúmeras discussões com questionamentos sobre possíveis impactos ambientais, tais como: o consumo intensivo de água no solo que pode interferir no processo hidrológico e erosivo, ou, até mesmo nos impactos socioeconômicos como a disponibilidade de empregos, êxodo rural, a geração de renda para as pequenas e médias propriedades, etc.

Para Almeida, Laclau, Gonçalves, Moreira e Rojas (2007) a sustentabilidade da prática silvicultural em função do uso da água instiga esclarecimentos em todo o mundo, requerendo esforços para a compreensão dos possíveis efeitos desse tipo de atividade, o qual pode ser ampliado pela lacuna no conhecimento dos possíveis sistemas de manejo que impactam a conservação da água e do solo nas áreas cultivadas com o eucalipto.

De acordo com Farias (2007) foi movimentada uma ação civil pública contra duas empresas controladoras do plantio de eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga, durante o mês de novembro de 2007, alegando que a expansão dessa monocultura na região promove o êxodo rural e causa prejuízos ao meio ambiente.

Segundo Ramos e Dias (2007) a falta de água ocorre pelo uso inadequado do solo nas bacias hidrográficas, e não pela escassez de chuvas na região, a qual está associada ao desmatamento que dificulta a infiltração das águas da chuva nos solos.

De forma similar Rodrigues, Targa, Batista e Dias (2007) acrescentam que é essencial a manutenção de condições adequadas para o sistema produtivo de uma bacia hidrográfica, tais como, a observação constante do estado de conservação dos recursos naturais, o manejo do solo, o monitoramento de infiltração e retenção das águas pluviais na bacia.

E, para o controle sobre o uso e cobertura dos solos, foi aprovado o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965), especificadas pela Resolução nº303, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 13 de maio de 2002 para promover a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, sugerindo a proteção para os recursos naturais sensíveis à degradação.

Segundo Brasil (1965), o Código Florestal Brasileiro determinou a existência das Áreas de Preservação Permanente (APP), tais como: margens de rios, lagos, lagoas ou reservatórios; nascentes, topos dos morros, montes, montanhas e serras, encostas com declividade maior que 45° e áreas situadas em altitudes acima de 1800 metros. Além dessas, também foram definidas as Áreas denominadas de Uso Restrito (AUR) correspondentes às encostas entre 25°- 45° e as áreas de Reserva Legal (partes de propriedades rurais destinadas à conservação do ambiente natural), com intuito de evitar e retificar prejuízos ambientais causados pelo desmatamento.

O desenvolvimento dessa política ambiental sugere a oportunidade de preservar e conservar áreas importantes para a sustentabilidade do ambiente natural brasileiro, indispensável à manutenção dos recursos naturais nas bacias hidrográficas.

Assim, a comunidade científica tem desenvolvido pesquisas para ampliar e elucidar o conhecimento sobre o assunto, analisando o Código Florestal Brasileiro e o plantio de eucalipto na região, pois, como citado por Fearnside (2000), o gênero *Eucalyptus*, de origem australiana é uma espécie frequentemente utilizada em projetos de reflorestamentos no Brasil, comumente citada como a única espécie exótica empregada para essa atividade.

Entretanto, o desenvolvimento desta pesquisa numa área tão extensa como o trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, requer o uso de técnicas não convencionais. E, atualmente, a utilização das geotecnologias tem contribuído efetivamente para trabalhos que visam à análise da distribuição espacial dos objetos, de forma a integrar diversas informações temáticas, tornando-se um importante instrumento para o auxílio no cumprimento das leis.

Desta forma, as técnicas utilizadas pelo geoprocessamento podem fornecer uma análise quantitativa das áreas protegidas legalmente pelo Código Florestal Brasileiro, facilitando a visualização desses dados em caráter digital, como descrito por Ribeiro, Soares, Oliveira e Gleriani (2005).

Assim como, Catelani e Batista (2007) demonstraram que é possível desenvolver a cartografia das diversas classes de APP, de acordo com o Código Florestal brasileiro e resoluções CONAMA pertinentes ao assunto.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a expansão dos plantios com eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul em 2000 e 2007.

#### **2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver um banco de dados com a área atualizada dos novos plantios de eucalipto em 2007, a partir da análise dos dados de reflorestamento em 2000, obtido pelo Projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo.
- Identificar e mapear as extensões das áreas plantadas com eucalipto em 2007 e as Áreas de Preservação Permanente por margens de rio até 10m, declividade maior ou igual a 45° e no entorno de APP de nascentes, em todo o trecho paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.
- Estimar as áreas plantadas com eucalipto em 2007 e quantificar as Áreas de Preservação Permanente definidas por esse trabalho contendo, ou não, esse tipo de cultivo, por municípios localizados no trecho paulista dessa bacia.
- Comparar todos os dados das áreas com reflorestamento de eucalipto em 2007 com 2000 e suas extensões para as APP por municípios.
- Comparar os dados das áreas totais plantadas com eucalipto definidas por esse trabalho, com os dados do Projeto Levantamentos de Unidades de Produção Agropecuárias do Estado de São Paulo (LUPA) em 2007.

- Avaliar o uso das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na estimativa das áreas plantadas com eucalipto em 2007, das Áreas de Preservação Permanente definidas por esse trabalho e das áreas cultivadas com esse tipo de plantio pertencentes a essas APP.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 DEFINIÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA**

Segundo Tucci (2000), a bacia hidrográfica é uma parte do relevo onde o escoamento das águas da chuva percorre um único caminho para a saída “a foz”, formada por uma composição de áreas superficiais que vertem a água para uma rede de drenagem, se misturando em um só leito até chegar à foz.

Para Vilela e Mattos (1975), as bacias hidrográficas são delimitadas pelos divisores de águas, os quais as dividem conforme a direção do escoamento das águas das chuvas, para uma ou outra bacia vizinha. O divisor de águas que passa pelo curso de água no seu exutório constitui a linha envoltória da bacia hidrográfica.

De acordo com Viessman, Harbaugh, Knapp (1972 apud VILELA e MATTOS, 1975) a bacia hidrográfica é definida pela topografia de forma tal que os corpos da água são drenados por uma rede, onde toda água flui para uma única saída.

##### **3.1.1 IMPORTÂNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA PARA O MEIO AMBIENTE**

Para Azevedo (2006), a permeabilidade dos terrenos define a densidade da rede de drenagem em bacias hidrográficas, nos quais, os relativamente impermeáveis têm a rede de drenagem mais densa e os que possuem terrenos mais permeáveis têm densidades menores. Assim, a análise da rede de drenagem de uma bacia permite o conhecimento das características e os possíveis riscos ambientais decorrentes de atividades humanas.

Desta forma, Simon (2007) explica que a bacia hidrográfica possibilita o gerenciamento dos recursos naturais e ações efetivas de planejamento ambiental por constituir uma área, onde diversos processos físicos podem atuar no seu interior.

Simon (2007) também comenta que ações de gestão sobre a utilização da terra, servem como principal apoio para execução do planejamento ambiental nas bacias hidrográficas. Portanto, é importante ressaltar o papel das bacias hidrográficas na conservação do meio ambiente, pois, num período em que o crescimento demográfico e a busca pelos recursos naturais tomaram proporções exacerbadas, o espaço territorial limitado pelos divisores de águas, os aspectos físicos (relevo, solo, vegetação e clima) servem como influência dos mesmos na densidade da drenagem e as relações desenvolvidas no funcionamento desse sistema, tornaram-se fatores indispensáveis para o gerenciamento e execução de um planejamento ambiental mais eficaz.

A Lei Federal nº. 9.433/97 que definiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, descreve o conceito de bacias hidrográficas no Art. 1º inciso V, tal como uma unidade territorial de planejamento e execução da política nacional dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

### 3.2 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem área total aproximada de 55.500 km<sup>2</sup>, com uma extensão territorial que abrange três estados: São Paulo (13.900 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (20.700 km<sup>2</sup>) e Rio de Janeiro (20.900 km<sup>2</sup>), no qual, 180 municípios são abastecidos pelo rio Paraíba do Sul, cuja extensão possui 1.150 km desde sua origem (encontro dos rios Paraibuna e Paraitinga no estado de São Paulo) até sua foz na praia de Atafona no município de São João da Barra-RJ (CEIVAP-COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 2009).

A bacia contém colinas e mares de morros, cuja geologia é caracterizada pelos Escudos Cristalinos, compreendidos na Serra do Mar e Mantiqueira e, pelas áreas planas

ressaltadas em uma Bacia Sedimentar, conhecida por Bacia Taubaté. Sua pedologia é bem variada, composta por Argissolos, Latossolos, Cambissolos, Gleissolos, entre outros. O clima vigente é tropical quente e úmido, cujas variações seguem as influências marítimas e de altitude. Além de possuir uma economia atuante, com altos índices de arrecadação de impostos, uma rede industrial diversificada, relevantes centros de pesquisa e tecnologia avançada para o país, como descrita por (ARGÜELLO e SAUSEN, 2007).

Essa bacia possui uma desenvolvida concentração de áreas industriais, responsável por 10% do PIB brasileiro. O abastecimento de água proveniente da bacia atinge aproximadamente 14 milhões de habitantes distribuídos por toda sua extensão no trecho paulista, constituindo sua principal forma de uso, além das atividades de consumo secundárias, tais como: a agricultura e pecuária (PEREIRA e JONHSSON, 2003).

Ainda, segundo Pereira e Jonhsson (2003) a bacia hidrográfica Paraíba do Sul tem seu potencial hídrico utilizado majoritariamente para hidrelétricas, depois abastecimento público, indústrias e finalmente para irrigação. A utilização dessas águas por hidrelétricas ocasiona diversos problemas ambientais, resultando em prejuízos na qualidade dos recursos hídricos, tais como: diminuição da cobertura florestal, a contaminação por efluentes (domésticos e industriais) sem tratamentos adequados, solos desgastados pela erosão, além da urbanização desordenada em áreas com declives acentuados proporcionando deslizamentos de terra e inundações.

### 3.2.1 A BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL (TRECHO PAULISTA) COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO

O trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul compreende um total de 34 municípios, cuja população estimada em 2007, foi 2.006.315 habitantes distribuídos em aproximadamente 1.850.971 (urbana) e 155.344 (rural), destacando o “fornecimento do leite” como a principal atividade do setor primário e para o setor industrial: aeronáutica, automobilística, mecânica, química, eletroeletrônica, papel e celulose (SÃO PAULO, 2006).

A bacia hidrográfica Paraíba do Sul em seu trecho paulista tem seu relevo identificado como parte do Planalto Atlântico, com sistema de aquíferos Cristalino-Cenozóico, onde 15,3% da área territorial são ocupadas por vegetação nativa (222.754 hectares). Os índices de erosão linear foram classificados de alta suscetibilidade (9%), média (75%), e baixa (6%), o restante com índices ainda menores nas encostas com relevos de declives mais baixos (SÃO PAULO, 2006).

A bacia hidrográfica Paraíba do Sul era caracterizada pela cobertura similar à da Mata Atlântica (em partes por Florestas: Estacional Semidecidual, Ombrófila e Vegetação Secundária), a qual sofreu desmatamento para o plantio do café no século XVIII, teve sua produtividade reduzida, aumentou o processo de erosão dos solos também intensificado pelo desenvolvimento da pecuária leiteira, agravando ainda mais a situação de degradação ambiental na bacia atualmente recoberta em partes pela silvicultura (CEIVAP, 2006).

### 3.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

O Código Florestal Brasileiro foi criado em 15 de setembro de 1965 pela lei 4771/65, que regulamentou o uso das áreas florestais no Brasil, como tentativa para garantir a preservação dessas áreas. Segundo Brasil (1965), o artigo 1º dessa lei determina que todas as áreas florestais são bens de todos os cidadãos. No inciso II, do 2º parágrafo, foram definidas as Áreas de Preservação Permanente (APP) com o propósito de preservar o bem-estar da

humanidade e recursos naturais, tais como: corpos da água, paisagem, geologia estável, biodiversidade, fluxo gênico das espécies de animais e plantas e, integridade dos solos.

No inciso III, também do 2º parágrafo do Código Florestal, foram previstas as reservas legais: áreas que estão inseridas em uma propriedade ou posse rural, para a busca da sustentabilidade de seus recursos naturais, da conservação e revitalização dos processos ecológicos, da preservação da biodiversidade e do acolhimento de espécies originais da fauna e flora junto às Áreas de Preservação Permanente.

As características específicas das áreas a serem consideradas de preservação permanente, foram definidas pelo Código Florestal Brasileiro no seu artigo 2º que determina onde estão localizadas as áreas de preservação permanente:

1. Às margens dos rios ou quaisquer curso da água, acompanhado de seu nível mais alto, com largura mínima de **30** metros para os rios com até 10 metros de largura; **50** metros para os rios com larguras de 10 a 50 metros; **100** metros para aqueles com 50 a 200 metros de largura; **200** metros para os que possuem de 200 a 600 metros; e, **500** metros para aqueles que possuam largura maior do que 600 metros;
2. No entorno das lagoas, lagos ou reservatórios, cuja captação das águas acontece naturalmente ou por meio de ações antrópicas;
3. Nas áreas originárias dos rios, conhecidas como nascentes, sendo intermitentes ou não, em qualquer tipo de relevo, abrangendo uma área marginal com o mínimo de 50 metros de largura no raio;
4. Nas partes mais elevadas dos morros, montes, montanhas e serras;
5. Nas áreas escarpadas do relevo com declive maior que 45º ou declividade 100%;
6. Nas áreas de restingas, cuja função é manter os mangues estáveis e as dunas fixadas;

7. Nas áreas da linha de ruptura do relevo de tabuleiros ou chapadas, onde a borda se situa em uma faixa de 100 metros em projeção horizontal, nunca inferior a essa medida;
8. Nas áreas com qualquer tipo de cobertura vegetal que esteja em uma altitude maior que 1.800 metros.

Além disso, Brasil (1965) no artigo 3º é declarado que todas as áreas florestais e outros tipos de vegetações naturais são Áreas de Preservação Permanente (firmadas por ato do poder público), servindo para:

1. Abrandar a erosão dos solos;
2. Manter as dunas;
3. Criar campos protetores ao longo de estradas de ferro e rodagem;
4. Contribuir com a força militar para defender o território nacional;
5. Resguardar lugares de extraordinária beleza ou de caráter científico ou histórico;
6. Abrigar espécies únicas de plantas e animais em extinção;
7. Conservar a vida das populações cujo meio ambiente natural é fonte principal;
8. Garantir condições saudáveis para populações;

O Ministério do Meio Ambiente, por meio da Lei 6.938/81, regulamentada pelo Decreto 99.274/90 criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, cujas funções envolvem um caráter consultivo e deliberativo para as questões ambientais (BRASIL, 1990). O CONAMA teve papel importante na definição das Áreas de Preservação Permanente ao desenvolver a Resolução nº.303 em 20 de março de 2002, regulamentando o artigo 2º da Lei 4771 de 15 de setembro de 1965 do Código Florestal Brasileiro, o qual determinou ser função do poder público e de particulares garantir a conservação da biodiversidade (flora e fauna), dos recursos hídricos, das belezas naturais e do equilíbrio ecológico, como fatores

indispensáveis para impedir os prejuízos nas águas, ar e solo, contribuindo para um desenvolvimento sustentável das sociedades atuais e futuras (BRASIL, 1990).

### 3.3.1 SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (TRECHO PAULISTA)

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi criado pela Lei nº. 9.985 de 18 de julho de 2000 com objetivo principal de definir as Unidades de Conservação (UC) como áreas territoriais em áreas com recursos naturais importantes (BRASIL, 2000).

Segundo Brasil (2000), o SNUC dividiu as unidades de conservação em dois tipos:

1. Unidade de Proteção Integral, a qual possui normas e regras que restringem o uso dos seus recursos naturais, permitindo apenas usos indiretos, tais como: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Refúgio de Vida Silvestre e Monumento Natural.
2. Unidades de Uso Sustentável, nas quais o uso de parte dos seus recursos naturais pode ser usado de forma sustentável com o objetivo de conservar a natureza, tais como: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Segundo a CEIVAP (2006), a bacia hidrográfica Paraíba do Sul possui 11 áreas consideradas como Unidades de Conservação, com a extensão territorial inserida no trecho paulista:

1. Estação Ecológica de Bananal (Decreto Estadual nº. 26.890, de 12-03-87);
2. APA Serra da Mantiqueira (Decreto Federal nº. 91.304, de 03-06-1985);
3. APA Mananciais do Vale do Paraíba (Decreto Federal nº. 87.561, de 1982);

4. APA Silveiras (Lei nº. 4.100, de 20-06-84 Estadual e Municipal);
5. APA Banhado de São José dos Campos (Lei nº. 2.792, de 10-01-84 Municipal);
6. APA Roseira Velha (Lei nº. 424, de 25-11-83 Municipal);
7. APA Bananal (Lei nº. 033, de 15-09-97 Municipal);
8. Parque Nacional da Serra da Bocaina (Decreto nº. 68.172, de 04-02-71);
9. Parque Estadual da Serra do Mar (Decreto nº. 10.251, de 30-08-77);
10. ARIE da Pedra Branca (Decreto SMA nº. 26.720, de 06-02-87 e Lei nº. 5.864, de 28-10-87);
11. ASPE de Roseira Velha (Resolução SMA, de 06-03-87);

### 3.3.2 FISCALIZAÇÃO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Segundo Brasil (1965), o parágrafo 1º do artigo 3º do Código Florestal, diz que o Poder Executivo Federal poderá abrir precedente para autorizar o desaparecimento total ou parcial de áreas florestais de preservação permanente, em ocasiões cuja necessidade seja à prática de obras, planos, atividades de utilidade pública ou interesse social. Entretanto, o artigo 4º desse código complementa o parágrafo 1º do artigo 3º onde é afirmado que, será permitido o desaparecimento da vegetação nas Áreas de Preservação Permanente em caso de utilidade pública ou interesse social, desde que seja diferenciado e produzido em processo administrativo competente, não havendo alternativas tecnológicas e locacional para a ação proposta (Brasil, 1965).

Assim, em Brasil (1965) é descrito no parágrafo 1º do artigo 4º do Código Florestal Brasileiro, que o desaparecimento das áreas florestais de preservação permanente ficará a mercê de uma autorização estadual, com consentimento prévio, quando couber, do órgão ambiental competente federal ou municipal, cuja ressalva está no parágrafo 2º deste artigo, o

qual descreve que se a vegetação da Área de Preservação Permanente a ser suprimida estiver em localização urbana, a autorização ficará a cargo do município (órgão ambiental competente), desde que haja um conselho ambiental com função deliberativa e plano diretor municipal, em concordância antecipada com o estado, baseada em relatório técnico do órgão ambiental competente estadual.

Ainda em Brasil (1965), o Código Florestal Brasileiro no artigo 19º determina que a extração dos recursos naturais provenientes das florestas e formações sucessoras, sejam públicas ou privadas, ficará na dependência da aprovação antecipada do órgão estadual competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. Assim o parágrafo 1º com os incisos I, II e III desse artigo, complementa que é de competência do IBAMA a aprovação da questão em relevância prevista no artigo 19º, inciso I: para as florestas públicas da União; no inciso II: para as Unidades de Conservação desenvolvidas pela União; no inciso III: para as ações empreendedoras causadoras de impacto ambiental nacional ou regional, determinados nas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 1965). Também, o parágrafo 2º com os incisos I, II e III do artigo 19º, faz alusão a essa questão, dizendo que sua aprovação é competência do órgão ambiental municipal, no inciso I: para as florestas públicas do município; no inciso II: para as Unidades de Conservação desenvolvidas pelo município; no inciso III: em condições especiais definidas por convênio ou outro instrumento admissível, com precedente dos órgãos competentes da União, Estados e do Distrito Federal.

Desta forma, a fiscalização das Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia hidrográfica Paraíba do Sul (trecho paulista) devem ser de competência do IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, IF - Instituto Florestal do Estado de São Paulo, DEPRN -

Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais e atualmente a CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

De acordo com São Paulo (2009), a Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado de São Paulo desenvolveu um novo modelo para gestão ambiental, transferindo o gerenciamento de recursos hídricos para a agenda ambiental do Estado, a qual foi reorganizada pelo Decreto Estadual nº. 53.027/2008 apresentando os seguintes pilares: a educação ambiental, o planejamento estratégico, a proteção e recuperação da biodiversidade e, a gestão dos recursos hídricos, devem ser gerenciados nessa nova organização pelos Institutos de Pesquisa – Botânico, Geológico e Florestal, enfatizando sua função na provisão de conhecimentos científicos e tecnológicos, permitindo a Fundação Florestal a gestão das Unidades de Conservação estaduais.

Também, São Paulo (2009) relata que o Instituto Florestal (IF) sempre foi o órgão responsável para cuidar das reservas florestais do Estado de São Paulo, tendo sido associado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente em 1986, a qual passou a dividir a função de proteger as reservas florestais com a Fundação Florestal desde 2007, sendo mais de 900 mil hectares de reservas (3,5% do território paulista), divididos em 24 Estações Ecológicas, 27 Parques Estaduais, 19 Estações Experimentais, 1 Reserva Estadual, 2 Viveiros Florestais e 6 Hortos Florestais, abrangendo 114 municípios.

Ainda, São Paulo (2009) afirma sobre o DEPRN, cuja lei nº. 13.542/2009 faz alteração na denominação da CETESB para Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e descreve suas mais novas atribuições: autorizar o desaparecimento de vegetação e intromissões em Áreas de Preservação Permanente e, outras áreas ambientalmente protegidas, além de autorizar a emissão de alvarás e licenças para o uso e ocupação do solo em áreas de mananciais, as quais eram antigas funções do DEPRN (Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais) e pelo DUSM (Departamento de Uso do Solo).

Contudo, para garantir a proteção das áreas possuidoras de recursos naturais no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul, não pode se afirmar que o fator fiscalização é suficiente para reduzir a degradação ambiental na região, também, se faz necessário conhecer além das possíveis formas de manejo do solo, os tipos de florestas plantadas, tais como: o eucalipto, que recobrem algumas dessas áreas.

### 3.4 O CULTIVO DE EUCALIPTO

Segundo Scolforo (2008), todas as sociedades mundiais estão vinculadas à utilização de produtos oriundos das florestas, a demanda por madeira, celulose, carvão vegetal, óleos, medicamentos e energia contribuíram significativamente para a diminuição das florestas nativas, tornando o eucalipto uma espécie útil para diminuir a pressão sobre as florestas naturais.

Para Lima (1996) a razão para o eucalipto dominar o setor de papel e celulose estava vinculado aos países tropicais não mais possuírem áreas para o fornecimento adequado de madeira utilizado na geração de energia, ocasionado pela diminuição das florestas nativas e a crescente demanda proporcionada pelo aumento populacional.

De acordo com Scolforo (2008), o eucalipto é uma espécie que pode ser cultivada em quase todos os tipos de clima do planeta, além de possuir um crescimento rápido, pronto para o corte em apenas 7 anos, suportando até 3 cortes num período de 21 anos, oferecendo diversos tipos de produtos.

Nesse aspecto, Lima (1996) também, considerou que a procura por madeira das florestas plantadas foi incentivada por muitos segmentos governamentais e órgãos internacionais, cujo objetivo era aumentar os talhões de eucalipto em comunidades e entre aqueles pequenos proprietários no processo de reflorestamento social, cooperando para a

preservação do restante das florestas nativas, reprimindo a deterioração ambiental das bacias hidrográficas, a degradação da qualidade da água e a baixa fertilidade do solo.

Scolforo (2008) comenta que o gênero *Eucalyptus* é possuidor de mais de 670 espécies, com tamanhos e aspectos diferenciados, tendo sua origem na Austrália, com ocorrência em Nova Guiné, Indonésia e Filipinas, além do Brasil onde as variações de espécies são destinadas a funções específicas, tais como: Grandis para móveis; Citriodora para construção civil; Saligna para telhados, Tereticornis para estruturas pesadas e Cloesiana classificados como melhor tipo de madeira. Todos tidos como os mais conhecidos e utilizados pela sociedade brasileira.

Sobre o eucalipto no Brasil, Lima (1996) relatou que as primeiras mudas chegaram ao Estado do Rio Grande do Sul em meados de 1868, porém, a ampliação de sua espécie no território brasileiro só aconteceu pelo trabalho desenvolvido na Companhia Paulista de Estrada de Ferro por Navarro de Andrade em 1903, cuja área total dos plantios foi estimada em 400.000 hectares até 1966, devido ao programa de incentivos fiscais que o governo federal havia instituído para suprir o aumento da procura por indústrias madeireira que utilizavam a madeira como fonte de matéria prima, especialmente nas regiões sul e sudeste, as quais não mais possuíam as extensas reserva de floresta original.

Atualmente, Scolforo (2008) descreveu a situação do eucalipto no Brasil e citou que a produção desse cultivo é três vezes menos custosa e seis vezes mais produtiva, comparada à produção de celulose em países de clima frio cuja produção envolve outras espécies de reflorestamento. Também, comenta suas chances para estar à frente de países como Suécia, Canadá e Estados Unidos, considerando o fato do país possuir somente 3% do comércio mundial em produtos florestais, não suficiente para intitular esse tipo de indústria como sendo uma das principais na economia brasileira, ainda que a área total desse tipo de floresta com

todas as variações de sua espécie no Brasil fique somente abaixo de países, tais como: China, Índia, Rússia e Estados Unidos.

O cultivo do eucalipto tem levantado questões relacionadas aos possíveis impactos causados ao meio ambiente. Segundo Lima (1996) as grandes plantações industriais que envolvem o preparo do solo para o plantio das mudas, permitindo a exposição do mesmo e a conseqüente ausência da cobertura vegetal, além do corte cíclico devido ao rápido crescimento dessa espécie, pode ter causado perdas consideráveis do solo por erosão.

Contudo, Scolforo (2008) descreve algumas alternativas utilizadas no manejo do solo que ajudam no controle da erosão:

- Plantio em nível, todos os processos de desenvolvimento no cultivo dessa espécie são realizados em linhas exatamente niveladas conforme o relevo;
- Roçada, realizadas com efeitos de produtos agroquímicos ou por roçadeiras sem prejudicar a estrutura do solo;
- Não uso de queimadas para limpar as terras e total controle contra incêndios;
- Terraceamento, construção de barreiras transversais à declividade da área como forma de contenção da velocidade de escoamento das águas da chuva e sua degradação das partículas do solo, além da redistribuição do escoamento superficial facilitando o processo de infiltração, prevenindo contra a formação de sulcos (posteriormente voçorocas) e aumentando a retenção de água no solo.

Além disso, Lima (1996) discutiu os possíveis impactos causados pelo cultivo do eucalipto quanto ao balanço hídrico em bacias hidrográficas, o qual relatou não diferir de outras espécies florestais por haver um equilíbrio no processo hidrológico, ressaltando um acréscimo médio do volume de água que escoar da superfície com a ocorrência da chuva sobre a área que sofreu processo de corte da floresta e uma redução média desse volume com o

processo de reflorestamento na bacia, definindo um teor de similaridade em relação a outros tipos de florestas.

Também para Scolforo (2008), outro impacto importante do eucalipto está relacionado ao setor social, comentando haver responsabilidade social no conteúdo dos programas de reflorestamento.

Sobre o setor ambiental, Lima (1996) descreveu um avanço no balanço hídrico já esclarecido e reportado em diversos artigos científicos e, nas taxas de transpiração do eucalipto demonstrada equivalentes a outras espécies. Entretanto, o autor comentou o aconselhado pelo banco mundial sobre o setor social, tal como merecedor de atenção, com a procura por alternativas mais sustentáveis para o manejo de solos entre os pequenos e grandes proprietários industriais, considerando a conformidade do cultivo de eucalipto com as necessidades locais.

Assim, entende-se como necessário a realização das avaliações em cultivos de eucalipto contemplando diversos aspectos, tais como: o cálculo da extensão desses plantios, sua forma de manejo e principalmente sua função social, garantindo uma sustentabilidade socioeconômica e ambiental para as áreas cultivadas com essa espécie, fazendo desse trabalho uma contribuição para o entendimento da silvicultura no estado de São Paulo.

### 3.5 GEOTECNOLOGIAS E MONITORAMENTO AMBIENTAL

Diversas variáveis devem ser estimadas em trabalhos de monitoramento ambiental, tais como: o tamanho da área de estudo, a extensão do tipo de uso e cobertura dos solos, a identificação das Áreas de Preservação Permanente, etc. Assim, tornam-se indispensável o uso de ferramentas que possibilitem a integração desses dados, para permitir resultados funcionais a serem utilizados pelos órgãos gestores. Por isso, as Geotecnologias tornaram-se

imprescindíveis ao desenvolvimento de trabalhos que visam o monitoramento ambiental. Utilizando-se técnicas do Sensoriamento Remoto para, por exemplo, caracterizar o uso e a cobertura dos solos em imagens de satélite e o Geoprocessamento, por meio de Sistemas de Informações Geográficas, como por exemplo, o SPRING (CÂMARA, SOUZA, FREITAS e GARRIDO, 1996) para mapear as diversas classes de Áreas de Preservação Permanente (APP) previstas no Código Florestal.

De acordo com Vettorazzi (1996), desde a década passada, pressões sociais muito intensas e exigências ambientais para a obediência às leis por parte das empresas, firmaram as técnicas de Geoprocessamento como auxílio de grande relevância para o monitoramento ambiental. O autor ainda complementa que, o monitoramento servia para detectar, analisar, mapear e quantificar as áreas que demonstrassem espacialmente qualquer modificação, também composta por outras inúmeras utilidades, tais como: garantir a atualização da base cartográfica e do banco de dados das empresas; servir como apoio para órgãos fiscalizadores; pontuar e mapear áreas em risco, com possíveis incêndios, ocorrência de pragas, ou, doenças; atualizar as informações sobre as Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais; além de analisar a matéria-prima disponível em áreas de terceiros.

Castro, Amaro e Vital (2003) citam que o desenvolvimento de diversos trabalhos sobre os impactos ambientais, cujos objetivos eram avaliar e proteger as áreas passíveis as alterações, revelou que o Geoprocessamento possibilitaria um tratamento competente e veloz para com os dados ambientais, facilitando o processamento e garantindo a confiança dos resultados adquiridos, tornando-o um instrumento indispensável para esse tipo de trabalho.

De forma similar, Nascimento, Soares, Ribeiro e Silva (2005) concluíram que métodos que utilizam o Geoprocessamento, passaram a ser opções mais viáveis para diminuir as lacunas na aplicação efetiva das leis, pela funcionalidade e eficiência de suas aplicações, as quais unificadas aos dados adquiridos pelas imagens de satélite, poderiam fornecer

diagnósticos e elementos apropriados para identificar e mensurar interferências em Áreas de Preservação Permanente, intensificando as ações de monitoramento e apoiando os instrumentos jurídicos fiscalizadores.

Para Bronaut e Paranhos Filho (2006), o descumprimento das leis e a deterioração ambiental resultaram da falta de técnicas para o monitoramento das Áreas de Preservação Permanente, tornando as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, instrumentos para esse tipo de controle (identificação e levantamento do atual estado das áreas em questão), cujo objetivo estaria na efetiva preservação.

Também, descrito por Donha, Souza e Sugamoto (2006) o SIG é um instrumento relevante no planejamento ambiental, cujo uso torna possível e simplificada uma análise integrada de diversas variáveis, além de propiciar a obtenção mais veloz de dados intermediários e finais, permitindo novas interações a todo instante.

Donha, Souza e Sugamoto (2006) ainda concluíram que a utilização desta tecnologia não dispensa o trabalho de profissionais capacitados, mas facilita o manejo dos dados, antecipa o tempo para finalização do trabalho e permite uma rápida atualização dos mesmos.

Outros autores também comentaram o assunto, tal como Santos, Casagrande, Rosendo e Rosa (2007) afirmando ser complexo o emprego do Código Florestal pela ausência de técnicas que identifiquem e comprove desvios na ocupação territorial, demonstrando que o uso do Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto podem possibilitar a identificação e o controle sobre as áreas reflorestadas com espécies, tais como *Pinus* e *Eucalyptus* que podem ou não, estarem de acordo com as leis em vigência.

Assim Santos, Casagrande, Rosendo e Rosa (2007) concluíram que a utilização dessas tecnologias no monitoramento das APP é eficaz tanto para a caracterização do manejo quanto para o mapeamento quase instantâneo, em função da alta resolução espacial e temporal das

imagens de satélite disponíveis no mercado, facilitando a identificação das alterações e monitoramento dessas áreas.

Eckhardt, Rempel, Saldanha, Guerra e Porto (2007) também revelaram em sua pesquisa referente à caracterização e diagnóstico ambiental, que o uso do Geoprocessamento e Sensoriamento se mostraram essenciais para o entendimento da paisagem com suas interações, promovendo a exposição dos dados em formato de mapas temáticos.

E recentemente, Salbego, Sampaio, Robaina e Madruga (2009) comentaram que o Geoprocessamento pode ser um instrumento imprescindível e adequado ao manuseio, manutenção, gerenciamento. A disponibilidade de dados espaciais possibilita custos reduzidos para o monitoramento de projetos agrosilvopastoris com levantamentos de precisão e que levam em consideração a legislação ambiental e fundiária do Brasil.

Salbego, Sampaio, Robaina e Madruga (2009) também, concluíram que as técnicas de Geoprocessamento, principalmente Sensoriamento Remoto e SIG, tornaram-se instrumentos essenciais para o monitoramento e apontamento das questões conflitantes em Áreas de Preservação Permanente, cujos benefícios foram descritos pelo tempo reduzido na aquisição dos dados espaciais e a oportunidade de unificação das informações oriundas de fontes variadas (imagens de sensores, cartas topográficas, GPS, etc.), permitindo a edição, atualização e controle das informações espaciais.

Santos e Martins (2001), já no início da década, descreviam que os métodos propostos utilizando SIG propiciaram a delimitação, caracterização e quantificação das APP, permitindo se avaliar o manejo das terras e identificar as áreas utilizadas sem conformidade com as leis, ou seja, em desacordo com a legislação ambiental do país.

Desta forma, as Geotecnologias, tais como: o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento têm contribuído efetivamente para o monitoramento ambiental, permitindo

a caracterização da área de estudo e análise das áreas em conflito com o Código Florestal Brasileiro.

### 3.5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

O Sensoriamento Remoto é descrito por Florenzano (2002) como uma técnica que possibilita a aquisição de imagens com base no registro da energia refletida ou emitida pela superfície terrestre, por meio dos sensores sem contato direto com os objetos. Assim, é possível dizer que o Sensoriamento Remoto é uma técnica desenvolvida para coletar informações sobre a superfície terrestre, a partir da energia eletromagnética emitida ou refletida pela superfície e captada por sensores remotos instalados em plataformas artificiais aéreas ou orbitais.

Ainda segundo Florenzano (2002), essa técnica funciona, porque a radiação do sol (fonte de energia) interage com o alvo e a energia que incide na superfície terrestre poderá ser refletida ou emitida e, após passar pela atmosfera atinge os sensores que fazem sua coleta e registro. Assim a energia eletromagnética é convertida em sinais elétricos que guardam informações sobre os alvos, os quais são gravados e enviados para as estações receptoras na Terra e, posteriormente, transformados em dados para gráficos, tabelas ou imagens.

Segundo Florenzano (2002) a resolução espectral é uma característica intrínseca das imagens registradas pelos sensores e permite visualizar ou distinguir os alvos terrestres. Já a resolução espacial é a menor unidade do alvo ou superfície visualizada pelo sensor, por exemplo, o sensor ETM<sup>+</sup> do Landsat com resolução espacial de 30 metros, ou seja, ele capta a energia refletida ou emitida de alvos medidos com 30 metros ou mais no terreno, ou seja, visto em uma área de 30 por 30 metros (900m<sup>2</sup>).

De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2007), a grande diferença entre as imagens obtidas pelos sensores está presente na resolução espacial, pois trabalhos relacionados aos recursos naturais terrestres utilizam resoluções espaciais que, em geral, possuem pixels menores que 100m. Já, por exemplo, sensores para estudos meteorológicos geralmente utilizam resoluções espaciais da ordem de 1 km ou mais.

Sobre a definição da resolução espectral, Chuvieco Salinero (2002) sugere que a resolução espectral está relacionada com o número e a largura das bandas espectrais que um sensor pode captar. Crósta (1992) já havia definido-a como intrínseca às imagens multiespectrais de Sensoriamento Remoto, determinada pelo número de bandas espectrais e largura do intervalo de comprimento de onda de cada banda, de forma que, maior é a resolução espectral de um sensor, se menor for a largura e maior o número das bandas espectrais.

Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2007), na interação da radiação eletromagnética com a vegetação, os vegetais realizam a fotossíntese, na qual a radiação eletromagnética é absorvida em parte por seus pigmentos, tais como: clorofilas, xantofilas e carotenos, promovendo a absorção da radiação em comprimentos de onda no campo do visível (0,40 a 0,72  $\mu\text{m}$ ) do espectro eletromagnético.

Ponzoni e Shimabukuro (2007) ainda definem que o estudo do Comportamento Espectral da Vegetação deve levar em consideração a organização dos tecidos da folha (estruturais), estudados a partir dos fatores atuantes na reflexão da radiação por folhas isoladas e por dosséis vegetais. Os autores também ressaltam que alguns estudos descrevem apenas análises das propriedades espectrais de folhas isoladas, quando deveriam abordar todo o processo de interação da radiação com os variados dosséis: florestas, cultivos agrícolas, formações vegetais com características herbáceas, etc.

Ponzoni e Shimabukuro (2007) ainda relatam que um dossel poderá ser composto por diversas partes da vegetação, tais como: folhas, galhos, frutos e flores, nas quais a incidência da energia eletromagnética sugere o espalhamento e absorção, cujo primeiro processo, também se compõe por mais dois: reflexão e transmissão por parte dos objetos.

Assim, Ponzoni e Shimabukuro (2007) concluem que a reflectância de alvos, tal como a vegetação, depende das propriedades químicas, morfológicas, fisiológicas e umidade interna, as quais unitariamente são influentes nas faixas espectrais (visível, infravermelho próximo e infravermelho médio), já para os dosséis, além das propriedades espectrais da vegetação (especialmente na interação da radiação com as folhas e os solos), há mais influências diretas sobre esse processo, tais como: a natureza geométrica (iluminação e visada) e a biofísica (Índice de Área Foliar-IAF e Distribuição Angular de Folhas-DAF).

Como previamente apresentado, o monitoramento ambiental requer a utilização de técnicas de Geoprocessamento para o processamento digital das imagens auxiliado por um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Sobre esse aspecto, Ponzoni e Shimabukuro (2007) comentam que o ser humano somente possui a capacidade de visualizar uma informação quando composta por inúmeros pixels, ou seja, as características geométricas e a aparência geral dos alvos na imagem. De outra forma, os humanos têm dificuldade de analisar de forma isolada os pixels, e, portanto, se faz necessário o processamento digital dos dados para a obtenção de ganhos significativos.

Assim, para o processamento digital dos dados tornam-se necessárias as técnicas de Geoprocessamento utilizadas por meio do SIG, de acordo com Vettorazzi (1996), o Geoprocessamento envolve a utilização de diversas técnicas para a coleta, armazenamento, processamento e análise de dados espaciais (georreferenciados). E esse autor ainda ressaltou que a diferença entre um sistema de computador voltado para cartografia e um SIG, estão nas

funções realizadas, tais como: manuseio e especialmente análise dos dados, atributo valioso para o monitoramento ambiental realizado por um SIG.

Florenzano (2002) caracterizou o Geoprocessamento como uma disciplina com técnicas matemáticas e computacionais para o processamento dos dados geográficos e o SIG, um instrumento digital dessa disciplina, capaz de reter e unificar informações geográficas de variadas fontes e escalas.

Ponzoni e Shimabukuro (2007) comentam que usuários dos produtos de Sensoriamento Remoto, valorizam muito as técnicas de classificação digital, pois a realização de trabalhos, cujo objetivo principal era o mapeamento, só foram possíveis pela utilização dessas técnicas, que associam os pixels por suas propriedades espectrais às classes informacionais de interesse.

Ponzoni e Shimabukuro (2007) também descrevem que os algoritmos utilizados na classificação digital são popularmente nomeados por “classificadores”, divididos em “pixel a pixel” (dados espectrais de cada pixel determinam regiões homogêneas, fundamentados na estatística ou métodos determinísticos) e “por regiões” (dados espectrais dos pixels são analisados em conjunto com os dados de seus vizinhos). Eles comentam que antes da classificação digital, a assinatura espectral identifica as propriedades espectrais das classes a serem mapeadas a partir das imagens antes de se proceder a classificação digital propriamente dita, o que confere uma característica peculiar de cada trabalho realizado.

Finalmente, Ponzoni e Shimabukuro (2007) concluem que ainda podem ser utilizados algoritmos, como uma forma para identificar as classes que compõem a imagem, por meio de treinamento não-supervisionado, sem preocupação com as classes homogêneas, afinal as áreas escolhidas devem ser heterogêneas garantindo a inclusão de todas as possíveis classes. Nessa técnica, os pixels dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento ("clustering") que determina o agrupamento do dado, numa feição espacial de

dimensão igual ao número de bandas utilizadas na análise. Este algoritmo assume que cada grupo ("cluster") representa a distribuição de probabilidade de uma classe.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, situada no cone leste do Estado de São Paulo (**FIGURA 1**), na zona cartográfica 23, meridiano central 45°, com latitude do canto superior direito em 22° 18' 7.00'' Sul e longitude 44° 4' 4.30'' Oeste e, latitude do canto inferior esquerdo em 23° 44' 41.86'' Sul e longitude 46° 29' 28.69'' Oeste.

Segundo CEIVAP (2009) a bacia é composta por remanescentes da Mata Atlântica, situados em áreas mais elevadas com relevo mais acidentado, cuja cobertura vegetal no passado estendia-se por toda a área litorânea do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, atualmente com 11% dessa floresta original.

A **Figura 1** mostra a cobertura vegetal da bacia em marrom e as áreas de reflorestamento em marrom com tons avermelhados, além dos corpos da água em preto.

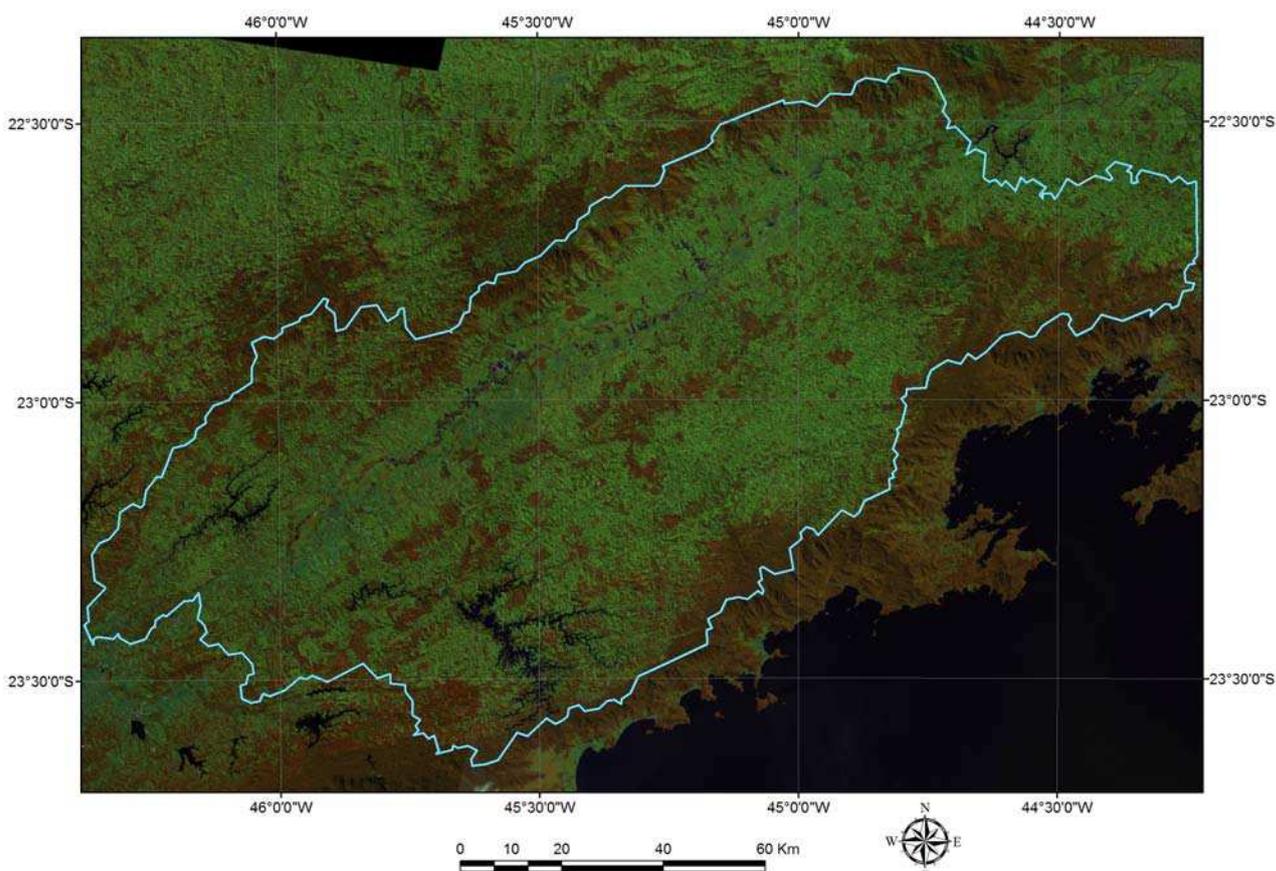


FIGURA 1 - Composição colorida (Bandas 3B 4R 5G) da imagem Landsat TM, adquirida em 16/08/2007 e 25/08/2007, mostrando o limite do trecho paulista na Bacia Hidrográfica Paraíba do Sul

Para realização desse trabalho foram utilizadas imagens TM/Landsat-5, órbita/ponto 219/76 adquirida em 16/08/2007 e órbita/ponto 218/76 adquirida em 25/08/2007, com 30m x 30m de resolução espacial. As imagens foram selecionadas com o objetivo de minimizar a cobertura de nuvens e maximizar a qualidade radiométrica.

O aplicativo utilizado nesse trabalho foi o SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas versão Windows 4.3.2 (CÂMARA, SOUZA, FREITAS e GARRIDO, 1996), além de uma base de dados do Instituto Florestal de São Paulo (KRONKA, 2002) contendo a distribuição das áreas ocupadas por reflorestamentos de essências exóticas e remanescentes da mata nativa no ano 2000. Também, foram utilizados dados da rede de drenagem e altimetria do banco de dados do “Projeto Recarga-Médio Vale

do Rio Paraíba do Sul-SP” (DIAS, DINIZ, TARGA e BATISTA, 2009) realizado pela UNITAU em 2003 e a base cartográfica das Cartas 1:50.000 do IBGE (2008).

## 4.2 PRINCIPAIS ETAPAS DA METODOLOGIA

As principais etapas desse trabalho incluíram as seguintes fases:

- 1ª Fase-Identificação e mapeamento das áreas de eucalipto em 2007 no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Florestal das áreas reflorestadas em 2000.
- 2ª Fase-Levantamento das Áreas de Preservação Permanente.
- 3ª Fase-Cruzamento das Áreas de Preservação Permanente com as áreas plantadas de eucalipto em 2000 e 2007.
- 4ª Fase-Elaboração dos mapas temáticos com reflorestamento em Áreas de Preservação Permanente referentes a 2000 e 2007.

### 4.2.1 1ª FASE-IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE EUCALIPTO EM 2007 NO TRECHO PAULISTA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, A PARTIR DOS DADOS DISPONIBILIZADOS PELO INSTITUTO FLORESTAL DAS ÁREAS REFLORESTADAS EM 2000

As principais etapas metodológicas nessa 1ª fase do trabalho seguiram as práticas dos projetos: Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000 (Fundação SOS Mata Atlântica, 2002) e Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do Estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2003/2004 (RUDORFF et al., 2004).

O Atlas da Mata Atlântica permitiu a constatação sobre a dinâmica das ações humanas nesse tipo de bioma, especialmente sobre as modificações nos remanescentes florestais naturais da Mata Atlântica. O projeto de estimativa da área plantada de cana-de-açúcar permitiu a avaliação sobre o uso das geotecnologias na classificação de imagens de satélite. Dessa forma, esses dois projetos auxiliaram na definição dos passos metodológicos dessa 1ª fase do trabalho, envolvendo: classificação digital das imagens, interpretação visual e estimativa das áreas plantadas.

Inicialmente, foi constituído um banco de dados, com as etapas de atualização das áreas de eucalipto na bacia, desenvolvidas a partir da análise e interpretação das imagens envolvendo o georreferenciamento das imagens utilizadas, classificação digital e interpretação visual.

Para o georreferenciamento das imagens, foi definida a utilização da projeção UTM, datum SAD69, zona 23, meridiano central 45°, com latitude do canto superior direito em 22° 18' 7.00'' Sul e longitude 44° 4' 4.30'' Oeste e, latitude do canto inferior esquerdo em 23° 44' 41.86'' Sul e longitude 46° 29' 28.69'' Oeste. E para o registro das imagens TM/Landsat 2007 utilizadas nesse trabalho, foi utilizado como referência o mosaico de imagens Landsat disponibilizado pela NASA "Global Land Cover Facility: Earth Science Data Interface" (<http://www.glcf.umd.edu/data/>), usando 6 pontos para o registro de cada imagem o que resultou em um erro de registro melhor que um pixel (30 metros).

Em seguida, foi realizada a classificação digital utilizando o algoritmo de segmentação das imagens no SPRING, pelos quais os pixels radiometricamente similares são unidos em áreas contínuas (NASCIMENTO e ALMEIDA FILHO, 1996). Nessa operação, foram definidos limiares de similaridade e de área, que definem quando duas regiões são consideradas espectralmente similares. Testes preliminares indicaram a utilização dos valores de 10 níveis de cinza para a similaridade, e de 300 pixels para a área, conforme ilustrado na

**Figura 2.** Estes limiares foram definidos mediante a elaboração de inúmeros testes, nos quais foram experimentados vários outros limiares, concluindo que aqueles adotados foram os que mais facilmente permitiriam a delimitação automática dos talhões de eucalipto.



FIGURA 2 - Exemplo do resultado de segmentação (polígonos contornados por linhas amarelas) sobreposto à composição colorida (bandas 3B 4R 5G) no mosaico de imagens TM 2007, no município de Lagoinha (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

Concluída a segmentação, as imagens foram classificadas por meio de um algoritmo não supervisionado “ISOSEG”, o qual permitiu o delineamento das regiões em classes espectralmente homogêneas, sendo superpostas às imagens, analisadas individualmente e finalmente associadas às classes temáticas de uso do solo. A análise dos resultados preliminares identificou a necessidade de uma “edição matricial” usando ferramentas do SPRING para corrigir os eventuais erros detectados na classificação das imagens.

Nessa etapa, a interpretação visual dos plantios nas imagens 2007 foi auxiliada pela análise do mosaico de 2000 do banco de dados do Instituto Florestal (IF). Para isso, foi gerada uma composição colorida, com o filtro azul aplicado à banda TM3, o vermelho à banda TM4 e finalmente o verde à banda TM5, permitindo a visualização das formações florestais em tons avermelhados (**FIGURA 3**).

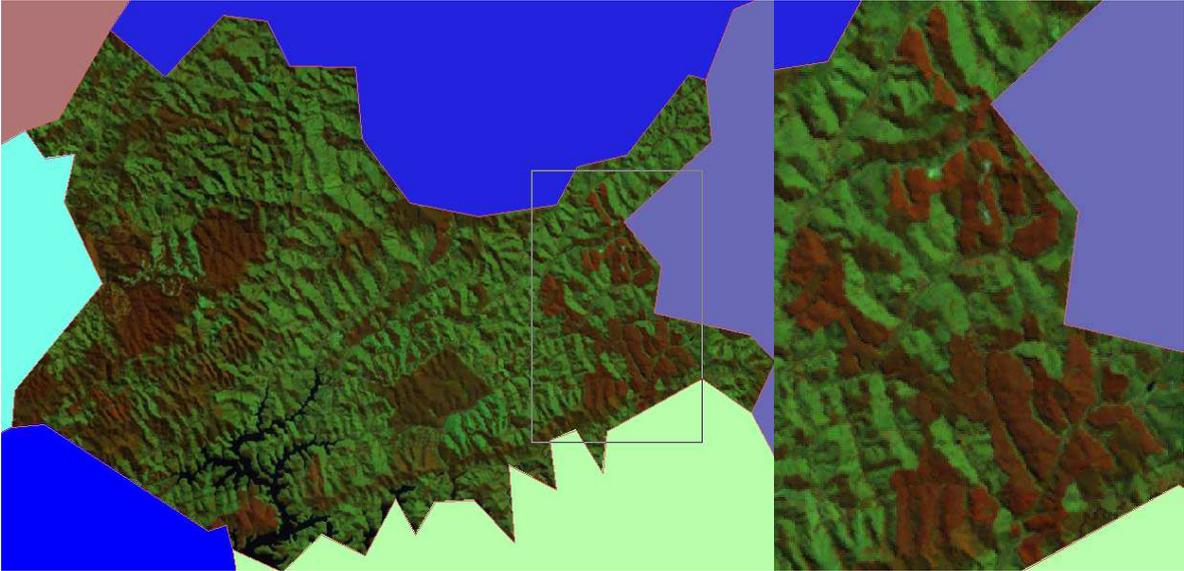


FIGURA 3 - Exemplo dos polígonos com formações florestais em tons avermelhados na composição colorida (bandas 3B 4R 5G) do mosaico de imagens TM 2007, no município de Redenção da Serra (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

Os polígonos de reflorestamento com eucalipto classificados pelo IF na data de 2000 foram preenchidos com cor verde escuro (**FIGURA 4**), enquanto que os novos polígonos mapeados com base nas imagens 2007 correspondentes aos novos plantios foram preenchidos com a cor verde claro (**FIGURA 5**).



FIGURA 4 - Exemplo dos polígonos em tons de verde escuro, já classificados pelo IF na composição colorida (bandas 3B 4R 5G) do mosaico de imagens TM 2000, no município de Jambeiro (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

Para melhorar a exatidão do mapa temático das imagens 2007, uma nova avaliação foi realizada padronizando os critérios de interpretação de todas as imagens que cobrem a área.

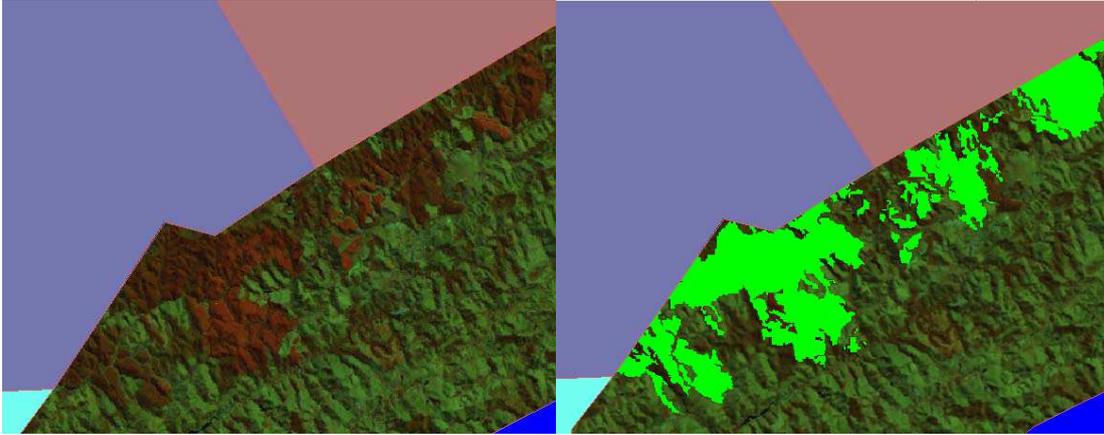


FIGURA 5 – Exemplo dos polígonos com a atualização dos novos plantios em tons verde-claro na composição colorida (bandas 3B 4R 5G) do mosaico de imagens TM 2007, no município de Jambeiro (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

Finalizado esse processo, foi realizado o cruzamento (sobreposição) de dois planos de informação (PI): um que continha as áreas plantadas com eucalipto no trecho paulista da bacia referente ao ano 2007 e outro com os limites municipais (**FIGURA 6**).

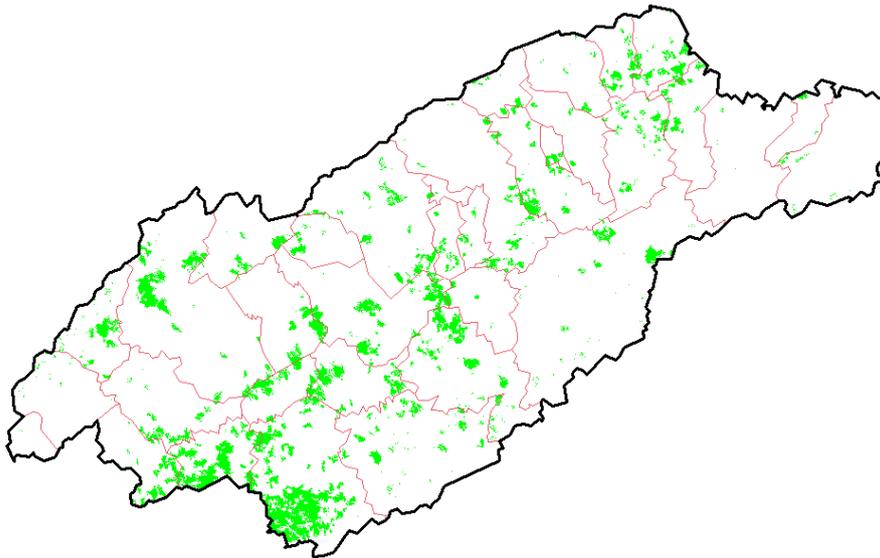


FIGURA 6 – Mapa de ocorrência do eucalipto por município, resultante do cruzamento das áreas reflorestadas em 2007 com os limites municipais no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

Por meio da função “Tabulação Cruzada” do SPRING, as informações cruzadas desses dois PI geraram em forma de resultado, um relatório com a estimativa da área plantada com eucalipto em 2007 para cada município da área de estudo (**FIGURA 7**).

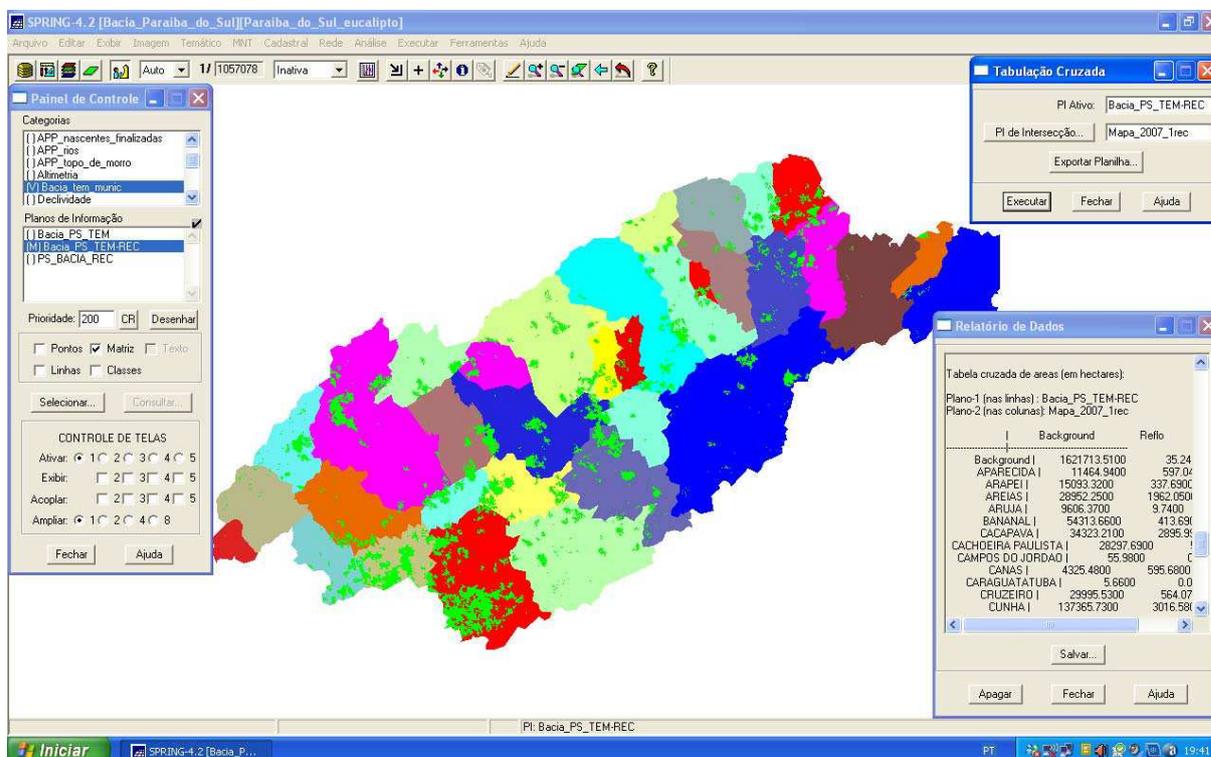


FIGURA 7 – Tabela (à direita) extraída da tela do SPRING para exemplificar uma consulta ao banco de dados, mostrando o resultado da “Tabulação Cruzada” entre o mapa de reflorestamento com eucalipto em 2007 e os municípios do trecho paulista na bacia hidrográfica Paraíba do Sul

#### 4.1.2 2ª FASE-LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Essa fase se iniciou com a composição de um novo banco de dados formado pela compilação dos dados da rede de drenagem e altimetria referente à bacia hidrográfica do Paraíba do Sul (trecho paulista), obtidos diretamente do banco de dados do “Projeto Recarga-Médio Vale do Rio Paraíba do Sul” (DIAS, DINIZ, TARGA e BATISTA, 2009). Também, dessa fonte foram obtidos os limites (1:250.000) do IBGE referente à bacia.

Nessa etapa do trabalho foram delimitadas as Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas pelo Código Florestal Brasileiro no artigo 2º Lei nº4771 de 15 Setembro de 1965 e

especificadas pela Resolução nº303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) datada de 20 de março de 2002.

As Áreas de Preservação Permanente delimitadas nesse estudo foram: APP de margens de rios até 10m de largura; APP rio Paraíba do Sul; APP de declividade 45° e no entorno de APP de nascentes.

O processamento de dados para a delimitação das APP de margens de rios até 10m foi facilitado pela utilização de funções específica do SPRING denominada “Mapa de Distâncias”. Dessa forma, as APP de margens de rios foram definidas considerando uma faixa de 30 metros para cada margem dos rios com menos de 10 metros de largura, de acordo com o Código Florestal Brasileiro (**FIGURA 8**) e de 100 metros para as APP às margens do Rio Paraíba do Sul.

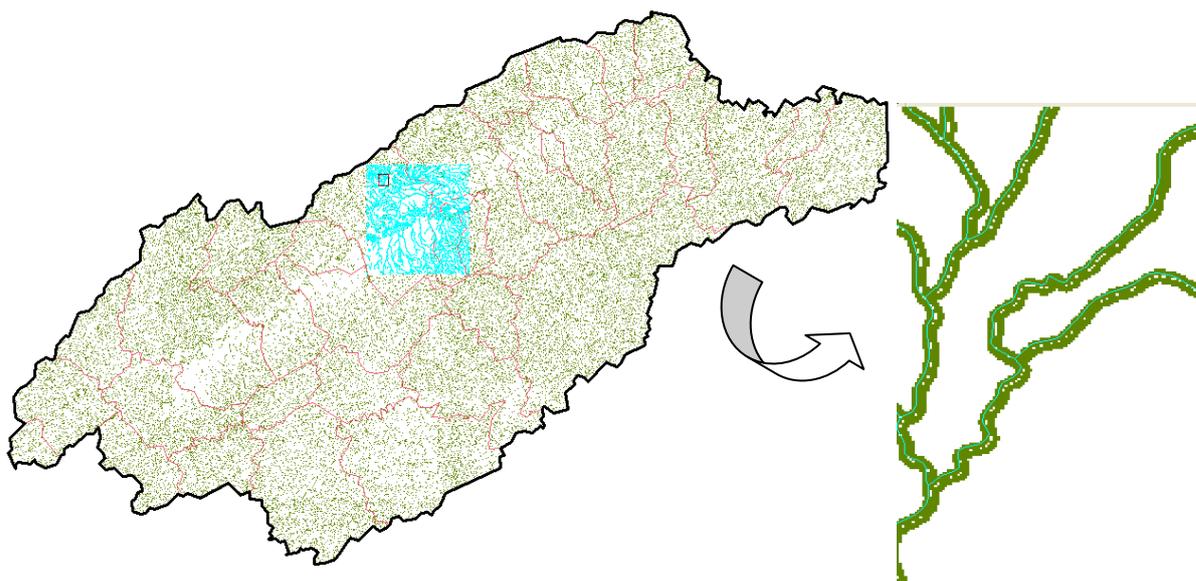


FIGURA 8 - Exemplo de uma área no mapa resultante do delineamento das APP de margens de rios 10m no município de Pindamonhangaba (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

Posteriormente, foi realizado o delineamento das APP de declividade maior ou igual a 45°, ou mais que cem por cento, como previsto no Código Florestal Brasileiro.

Para a delimitação dessa classe de APP foi necessário trabalhar com modelo numérico de terreno (MNT), uma vez definido esse modelo de dados no SPRING, diversas funções

foram habilitadas para se trabalhar com as grades, onde cada célula representa uma altitude, ou uma declividade.

De posse da grade de declividade, foi feito um fatiamento que permitiu a identificação das células cuja inclinação era maior ou igual à 45°, correspondendo à classe de APP de declividade 45°, cujo resultado foi exemplificado na **Figura 9**.

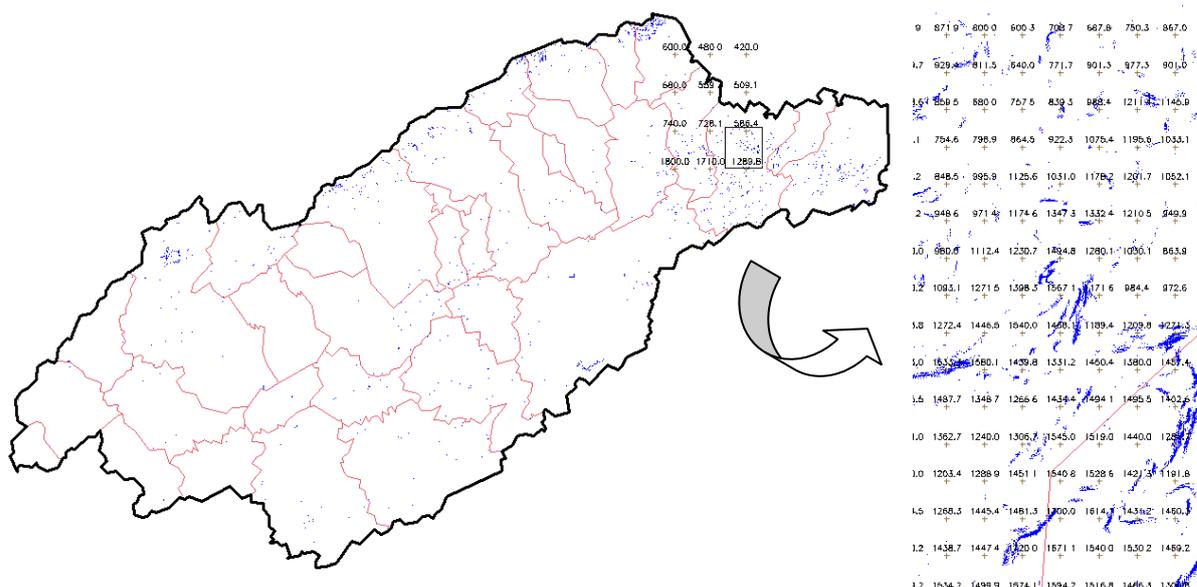


FIGURA 9 - Exemplo de uma área no mapa resultante do delineamento das APP de declividade 45° no município de São José do Barreiro (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

As APP de nascentes foram definidas pelo Código Florestal Brasileiro, como áreas correspondentes a 50 m no entorno de uma nascente a serem consideradas como Áreas de Preservação Permanente. Contudo, as delimitações dessas áreas requerem atenção em relação algumas características, tais como: serem intermitentes, deixarem de existir por mudanças bruscas no ciclo hidrológico, ou ainda, interferências antrópicas em sua localização geográfica, sendo necessário à constatação desses pontos em trabalho de campo, o que por limitação de tempo e custo, não foi realizado.

Assim, para se delimitar o entorno das APP de nascentes, também, foram utilizados os mesmos dados digitais da rede de drenagem que serviram como base para as APP de margens de rios 10m. O ponto central de cada nascente foi marcado pela identificação do término das

linhas de drenagem (na cabeceira de cada linha), servindo como base para delimitação dos 50 metros de raio no entorno desse ponto que definiria a área que seria preservada para a nascente em questão.

Posteriormente, com a função do SPRING “Mapa de Distâncias” foram delimitadas todas as áreas de entorno das Áreas de Preservação Permanente de nascentes, conforme exemplificado na **Figura 10**.

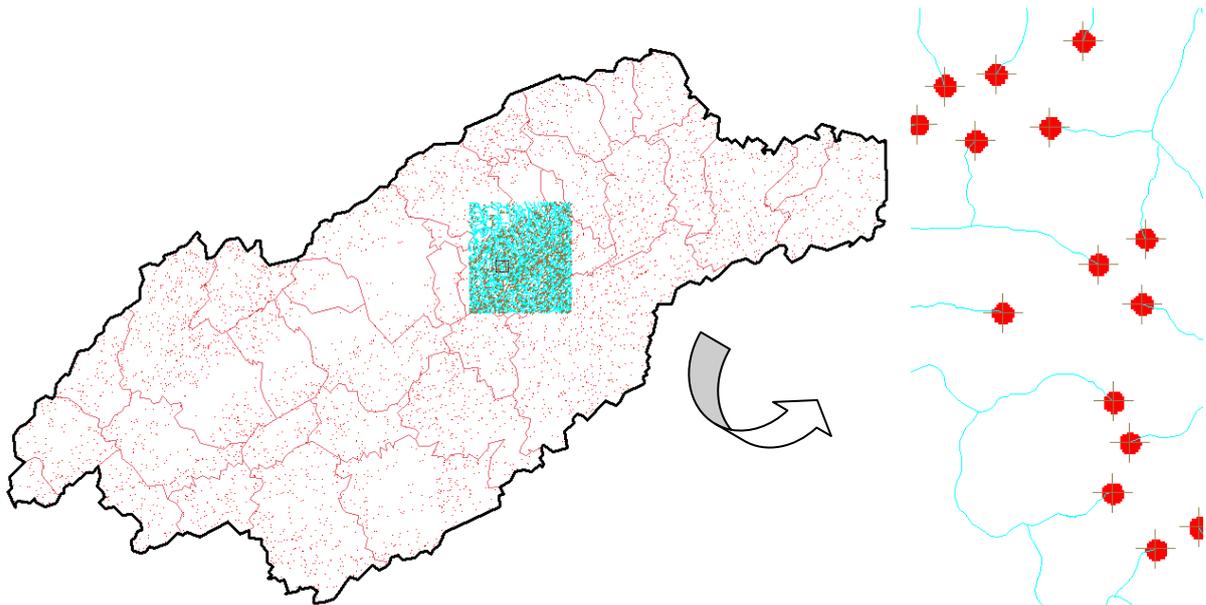


FIGURA 10 - Exemplo de um trecho do mapa resultante da demarcação do entorno das APP de nascentes, no município de Tremembé (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul)

Todos os planos de informação que compõem o trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, definidos por cada uma das Áreas de Preservação Permanente (rio Paraíba do Sul, margens de rios 10m, declividade de 45° e no entorno de APP de nascentes) foram integrados pela função mosaico e utilizados para o cruzamento com os mapas de ocorrência de eucalipto em 2000 e 2007 possibilitaram a construção de um mapa apresentado no capítulo de “Resultados e discussões”.

#### 4.2.3 3ª FASE-CRUZAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COM AS ÁREAS PLANTADAS DE EUCALIPTO

Nessa fase, os dados digitais, em formato vetorial das áreas de APP foram convertidos no formato matricial, com a resolução de 10 m x 10 m, por meio da função “Vetor-Matriz”.

Compatibilizadas todas as informações dessas classes de APP em três mosaicos diferentes, um para nascentes, outro para declividade 45° e o último para as margens de rios 10m, os dados foram cruzados com o mapa de municípios utilizando a função “Tabulação Cruzada” do SPRING, resultando na quantificação das áreas de APP em cada município da área de estudo.

As Áreas de Preservação Permanente canal principal do rio Paraíba do Sul foram geradas somente em um plano de informação, seguindo o mesmo procedimento para os outros tipos de APP, sendo desnecessária a utilização da função mosaico para preceder a realização do cruzamento de seus dados com a malha municipal.

Em seguida, utilizando um programa escrito em “Legal” (Linguagem de modelagem do SPRING para análise algébrica) foi feito o recorte das áreas cultivadas com eucalipto em cada um dos tipos de APP, baseados nos mosaicos de APP e de reflorestamento para 2000 e 2007, posteriormente cruzados com a malha municipal do trecho paulista da bacia Paraíba do Sul para se verificar a ocorrência dessas classes em cada município.

Finalmente, foram geradas tabelas sobre a ocorrência dos cultivos de eucalipto em áreas no entorno de APP de nascentes, declividade 45°, margens de rios e APP rio Paraíba do Sul, utilizando a função “Tabulação Cruzada” do SPRING. Essa operação permitiu a quantificação dos dados de plantio com eucalipto nas APP em cada um dos municípios que compõem a bacia, no período referente a 2007. De forma similar, todos os dados de APP foram cruzados com os dados de plantio de eucalipto em 2000 do Instituto Florestal de São Paulo.

#### 4.2.4 4ª FASE-ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS COM REFLORESTAMENTO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE REFERENTES A 2000 E 2007

A partir desses resultados foram gerados dois mapas temáticos: um mapa de toda a bacia (trecho paulista) mostrando as áreas de plantio do eucalipto em APP para 2000 (**FIGURA 11**) e outro mapa mostrando a situação atualizada para 2007 (**FIGURA 12**).

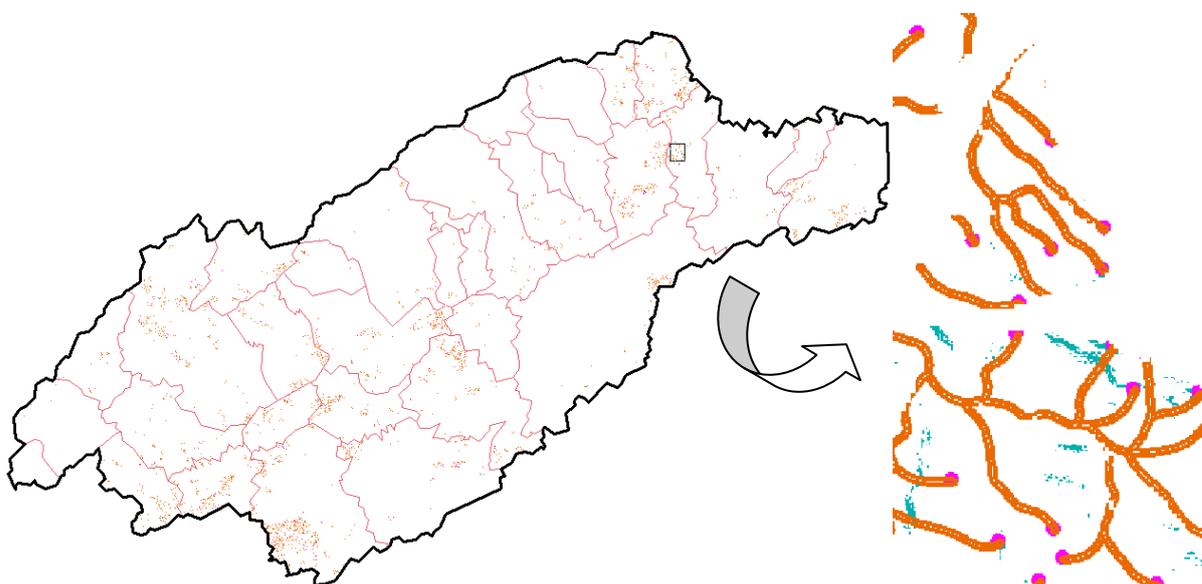


FIGURA 11-Mapa resultante das áreas de plantio do eucalipto 2000, em áreas de APP, no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul (polígonos laranja correspondem a APP de margens de rio 10m, polígonos lilases são o entorno de APP de nascentes e polígonos azuis claros são APP de declividade 45°)

Também, foram geradas a partir dos valores numéricos desses dados algumas tabelas demonstrando a área em hectares e a porcentagem de plantio com eucalipto nas APP rio Paraíba do Sul, margens de rio 10m, declividade 45° e no entorno de APP de nascentes, referentes a 2000 e 2007, cujos resultados foram apresentados no capítulo “Resultados e Discussão”.

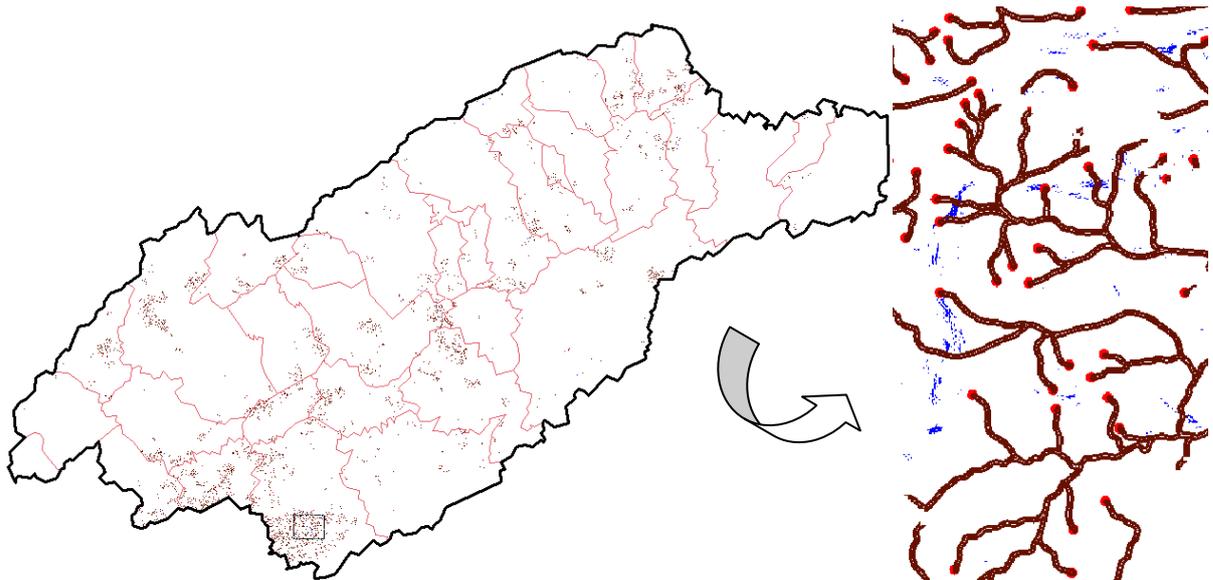


FIGURA 12-Mapa resultante das áreas de plantio do eucalipto 2007 em áreas de APP, no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul (polígonos marrons são APP de margens de rio 10m, polígonos vermelhos são o entorno de APP de nascentes e polígonos azuis APP declividade 45°)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ANÁLISE DAS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE EUCALIPTO EM 2000 E 2007

Na 1ª Fase-Atualização das áreas de eucalipto em 2007 foram analisados os valores das áreas de plantio do eucalipto apresentados em hectares, para todos os municípios situados no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul.

Os resultados dessa análise 2007 foram comparados aos dados 2000, sendo calculados a partir da base digital, contida no projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo (KRONKA, 2002) disponibilizada pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

O projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo envolveu uma pesquisa quantitativa sobre os dados 2000 obtidos a partir das imagens de satélite datadas por 1999 e 2000, quantificando todas as áreas de reflorestamento com as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* plantadas no estado de São Paulo por meio do uso de ferramentas do Geoprocessamento. Essa pesquisa, também teve caráter qualitativo, devido à caracterização dessas áreas sob as condições de espécie, manejo e idades relacionadas pelos proprietários.

A malha municipal de todos os municípios que compõem a bacia, com base em dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) foi disponibilizada pelo banco de dados do projeto SPRING (INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2010) e foi utilizada para o cruzamento dos dados, como mostrado na **Tabela 1**.

TABELA 1. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto na área de estudo estimada em 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Área territorial do município (ha) <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>3</sup> A	% Reflorestamento em 2007 <sup>3</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>4</sup> B	Diferença (%) de 2007 e 2000 [(A-B)/B*100]
Paraibuna	80979	20283	25,1	10471	93,7
Santa Branca	27500	8603	31,3	4577	88,0
S. José dos Campos	109961	7237	6,6	7029	3,0
Taubaté	62592	6011	9,6	5362	12,1
São L. do Paraitinga	61715	5482	8,9	5065	8,2
Redenção da Serra	30911	4365	14,1	3151	38,5
Pindamonhangaba	73017	4112	5,6	2059	99,7
Natividade da Serra	83261	3726	4,5	3130	19,0
Jambeiro	18376	3097	16,9	1915	61,7
Queluz	24941	3055	12,3	3927	-22,2
Guaratinguetá	75144	3047	4,1	1281	137,9
Cunha	140717	3017	2,1	1847	63,3
Lorena	41378	3014	7,3	940	220,6
Guararema	27050	2961	11,0	2563	15,5
Caçapava	36991	2896	7,8	3372	-14,1
Igaratá	29332	2630	9,0	741	254,9
Silveiras	41470	2417	5,8	4557	-47,0
Jacareí	46007	2350	5,1	1658	41,7
Areias	30657	1962	6,4	2027	-3,2
Lavrinhas	16686	1841	11,0	1139	61,6
Monteiro Lobato	33274	1725	5,2	1921	-10,2
Tremembé	19242	1037	5,4	439	136,2
Roseira	13019	976	7,5	563	73,4
Piquete	17588	772	4,4	179	331,3
Lagoinha	25592	657	2,6	477	37,7
Aparecida	12094	597	4,9	269	121,9
Canas	5349	596	11,1	0	-
Cruzeiro	30457	564	1,9	183	208,2
Cachoeira Paulista	28784	513	1,8	267	92,1
Bananal	61632	414	0,7	3559	-88,4
Arapeí	15571	338	2,2	401	-15,7
Santa Isabel	36149	271	0,8	254	6,7
São José do Barreiro	57063	73	0,1	817	-91,1
Potim	4465	54	1,2	27	100,0
<b>Total</b>	<b>1418964</b>	<b>100742</b>	<b>7,1</b>	<b>76200</b>	<b>32,2</b>

<sup>1</sup>Em ordem decrescente de ocorrência de reflorestamento em 2007.

Fonte: <sup>2</sup> IBGE (2010).

<sup>3</sup>Esse trabalho.

Fonte: <sup>4</sup> KRONKA (2002).

Essa pesquisa revelou que em 2007, os municípios de Paraibuna e Santa Branca possuíam as maiores áreas com ocorrência de eucalipto, no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul (**FIGURA 13**).

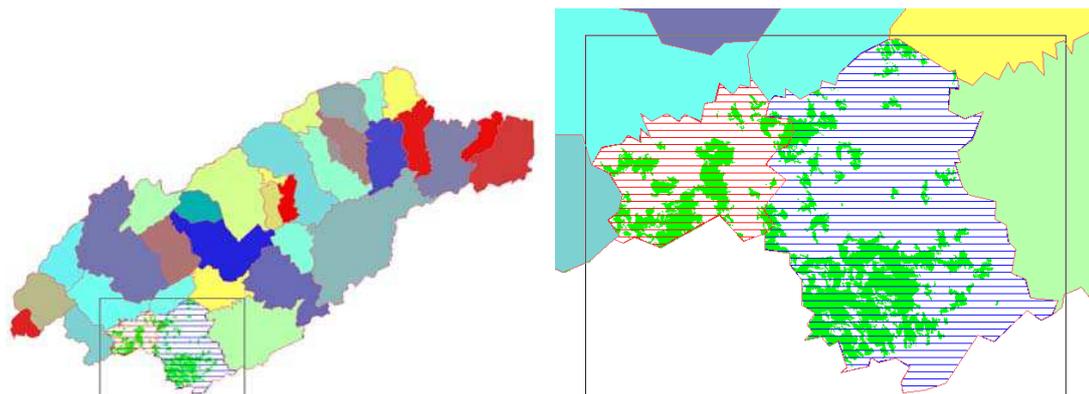


FIGURA 13 – Os municípios de Paraibuna (em azul hachurado com 20.283 ha) e Santa Branca (em vermelho hachurado com 8.603 ha) representam as maiores áreas de ocorrência de eucalipto em 2007, no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

A análise comparativa entre os dados 2000 e 2007, mostrou um crescimento significativo para os municípios de Canas (596% para uma área municipal de 5.349 ha) e Piquete (331,3% para uma área municipal de 17.588 ha). Entretanto, é necessário considerar a proporção desse incremento em relação à extensão territorial desses municípios (**FIGURA 14**), pois, comparados aos municípios de grande extensão territorial como o de Paraibuna (93,7% para uma área territorial de 80.979 ha) e Guaratinguetá (137% para uma área territorial de 75.144 ha) cujas áreas de incremento são significativamente maiores.

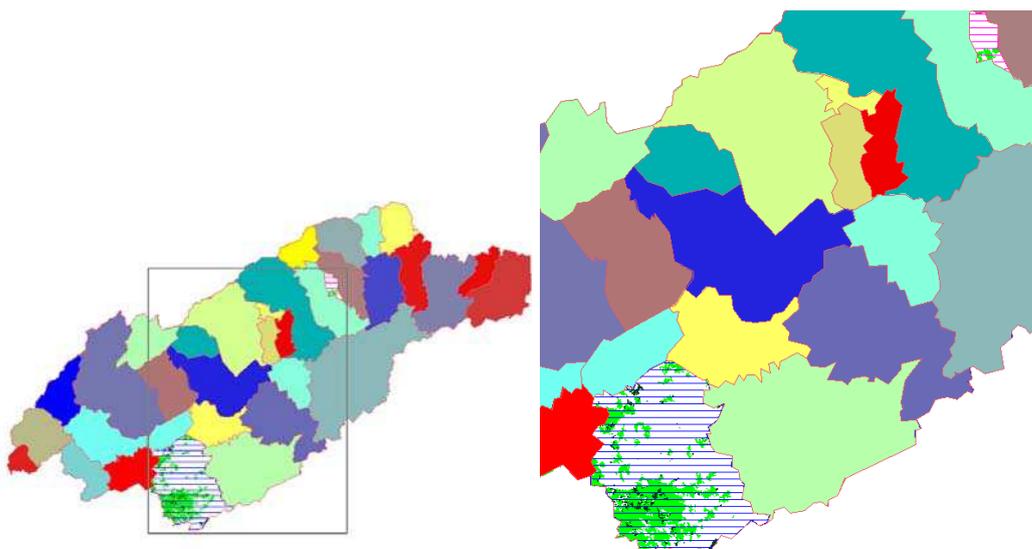


FIGURA 14 – Exemplo visual do incremento do cultivo do eucalipto no período de 2000 (polígonos verde-escuro) e 2007 (polígonos verde-claro), com destaque para a comparação dos municípios: Canas (com 596% em lilás hachurado) e Paraibuna (com 93,7% em azul hachurado) no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

Em 2007, o município com a menor área plantada com eucalipto foi Potim com 54 hectares. Para os municípios de São José do Barreiro (com -91,1% para uma extensão territorial de 57.063 ha) e Bananal (com -88,4% para uma extensão territorial de 61.632 ha). Verifica-se, portanto, uma redução expressiva no reflorestamento com eucalipto nesses municípios entre 2000 e 2007.

Essa pesquisa revelou que em 2007 um valor equivalente a 7,1% (100.742 ha) da bacia hidrográfica Paraíba do Sul, cuja extensão territorial foi calculada em 1.418.964 ha estavam ocupados por reflorestamento com eucalipto.

Em relação a 2000, a proporção do cultivo da espécie na região aumentou em 32,2% (**FIGURA 15**), intensificada pelas ofertas atrativas para os proprietários por parte das empresas de papel e celulose, as quais incentivaram o plantio de eucalipto em suas terras, garantindo a compra da produção.

Essa estratégia empresarial desencadeou um processo de uso da terra preocupante no trecho paulista dessa bacia hidrográfica, pois, pequenos e médios proprietários de terras têm aderido a essa proposta, plantando os eucaliptais em áreas que deveriam ser preservadas ou recuperadas para abrigar espécies da flora e fauna da região.

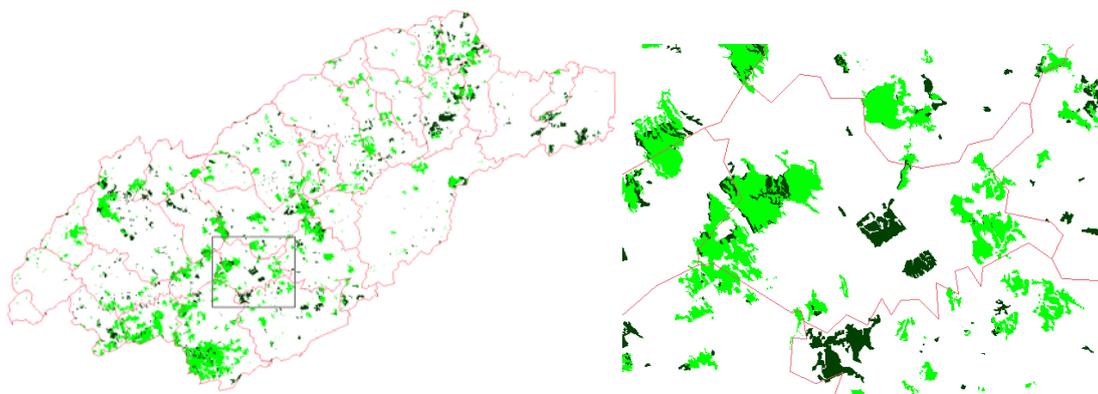


FIGURA 15 – Exemplo da expansão do reflorestamento com eucalipto no município de Redenção da Serra (polígono verde-claro para 2007 e polígono verde-escuro para 2000) no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

Também, foram comparados na **Tabela 2** os dados totais de reflorestamento 2007 resultantes dessa pesquisa com os dados provenientes do Projeto Levantamentos de Unidades de Produção Agropecuárias do Estado de São Paulo - LUPA, realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008), cujas áreas de reflorestamento foram identificadas por Unidades de Produção Agropecuária (inseridas, ou não, dentro de um município) localizadas no estado.

TABELA 2. Comparação das áreas totais de reflorestamento com eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul em 2007, por esse trabalho e pelo Projeto LUPA

Trecho paulista da Bacia hidrográfica Paraíba do Sul	Reflorestamento 2007 <sup>1</sup> (ha) A	Reflorestamento 2007 (ha) LUPA <sup>2</sup> B	Diferença (A-B)/B*100
<b>Total</b>	<b>100742</b>	<b>102124</b>	<b>-1,4</b>

<sup>1</sup> Fonte: Esse trabalho.

<sup>2</sup> Fonte: SAA/CATI (2008).

A análise comparativa referente aos índices totais do reflorestamento com eucalipto em 2007, envolvendo o resultado integrado dos 34 municípios analisados revelou uma diferença entre os dados do projeto LUPA e dessa pesquisa, de apenas 1,4%, ou seja, a área total do reflorestamento com eucalipto foi estimada em 102,124 ha no projeto LUPA e 100,742 ha nessa pesquisa. Isso parece sugerir uma consistência na estimativa dessa pesquisa.

## 5.2. ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Foi desenvolvida a 2ª fase dessa pesquisa, que envolveu a identificação das Áreas de Preservação Permanente no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, focando especificamente as classes de APP de declividade 45°, margens de rios 10 m, margens de rio 100m (rio Paraíba do Sul) e nascentes. Na **Tabela 3** são apresentadas às ocorrências das APP de declividade 45° por município, e a ocorrência de áreas de reflorestamento em 2000 e 2007 nessas APP.

TABELA 3. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP de declividade 45° no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Total das APP de declividade 45° (ha) B	% das APP de declividade 45° por município [(B*100)/A]	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>2</sup> C	% Reflorestamento em 2007 <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>3</sup> D	Diferença de 2007 e 2000 [(C-D)/D*100]
Paraibuna	163	0,2	87	0,1	50	74,0
Taubaté	131	0,2	19	0,0	27	-29,6
São L. do Paraitinga	152	0,2	16	0,0	18	-11,1
S. José dos Campos	557	0,5	14	0,0	16	-12,5
Pindamonhangaba	370	0,5	14	0,0	11	27,3
Areias	244	0,8	9	0,0	22	-59,1
Cunha	475	0,3	8	0,0	16	-50,0
Guararema	16	0,1	6	0,0	9	-33,3
Guaratinguetá	356	0,5	6	0,0	1	500,0
Santa Branca	17	0,1	5	0,0	2	150,0
Jacareí	16	0,0	4	0,0	1	300,0
Silveiras	129	0,3	4	0,0	10	-60,0
Roseira	44	0,3	4	0,0	5	-20,0
Lorena	45	0,1	3	0,0	1	200,0
Natividade da Serra	119	0,1	3	0,0	7	-57,1
Queluz	648	2,6	3	0,0	13	-76,9
Monteiro Lobato	97	0,3	3	0,0	3	0,0
Lagoinha	59	0,2	3	0,0	2	50,0
Redenção da Serra	57	0,2	2	0,0	6	-66,7
Aparecida	51	0,4	2	0,0	1	100,0
Bananal	687	1,1	2	0,0	20	-90,0
Jambeiro	12	0,1	1	0,0	0	-
Igaratá	29	0,1	1	0,0	1	0,0
Tremembé	26	0,1	1	0,0	4	-75,0
Piquete	236	1,3	1	0,0	1	0,0
Lavrinhas	194	1,2	1	0,0	3	-66,7
Santa Isabel	38	0,1	1	0,0	1	0,0
Cruzeiro	368	1,2	1	0,0	3	-66,7
Caçapava	10	0,0	0	0,0	1	-100,0
Canas	1	0,0	0	0,0	0	0,0
Cachoeira Paulista	23	0,1	0	0,0	0	0,0
Arapeí	141	0,9	0	0,0	0	0,0
São José do Barreiro	884	1,5	0	0,0	7	-100,0
Potim	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Total</b>	<b>6395</b>	<b>0,5</b>	<b>224</b>	<b>0,0</b>	<b>262</b>	<b>-14,5</b>

<sup>1</sup>Em ordem decrescente de ocorrência de reflorestamento em APP de declividade 45° 2007.

Fonte: <sup>2</sup>Esse trabalho.

Fonte: <sup>3</sup>KRONKA (2002).

A **Figura 16** mostra o resultado da delimitação de todas as Áreas de Preservação Permanente com declividade acima de 100 por cento, ou de 45°, denominadas de APP de declividade 45°.

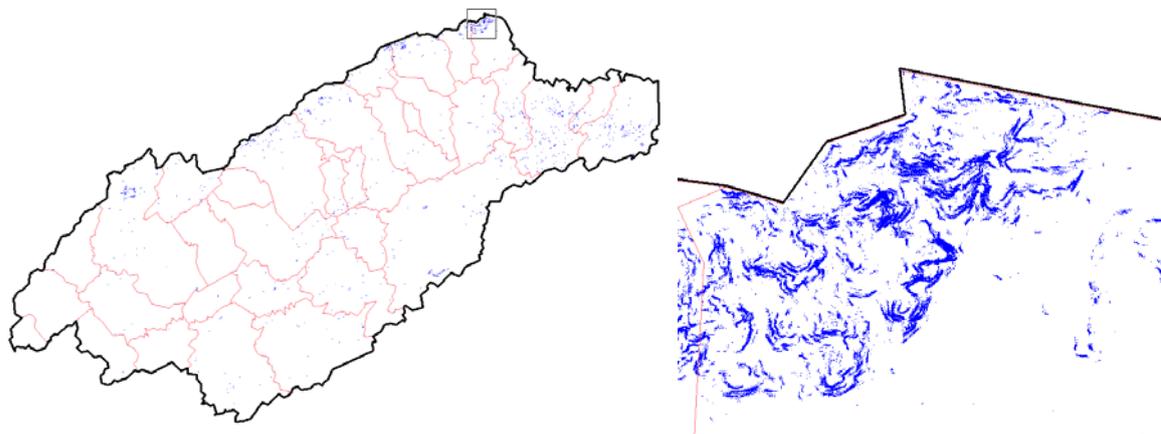


FIGURA 16 – Exemplo de APP declividade de 45° (polígonos azuis) em um trecho do município de Queluz, localizado sob o Mapa de APP declividade de 45° no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

As APP de declividade 45° são fundamentais para garantir a preservação de espécies da flora e fauna nas encostas dos morros localizados no trecho paulista dessa bacia hidrográfica. As escarpas que cobrem algumas localizações do relevo na região regulam o contato das ações antrópicas com o ambiente natural.

Os municípios de São José do Barreiro (884 ha) e Bananal (687 ha), próximos à Serra do Mar apresentam áreas expressivas de APP de declividade 45°, assim como o município de Queluz (648 ha), próximo à Serra da Mantiqueira (**FIGURA 17**).

Esse fato realça a fragilidade das áreas em questão considerando a importância dessas APP para a conservação das nascentes, aspecto fundamental para um sistema produtivo de água em uma bacia hidrográfica.

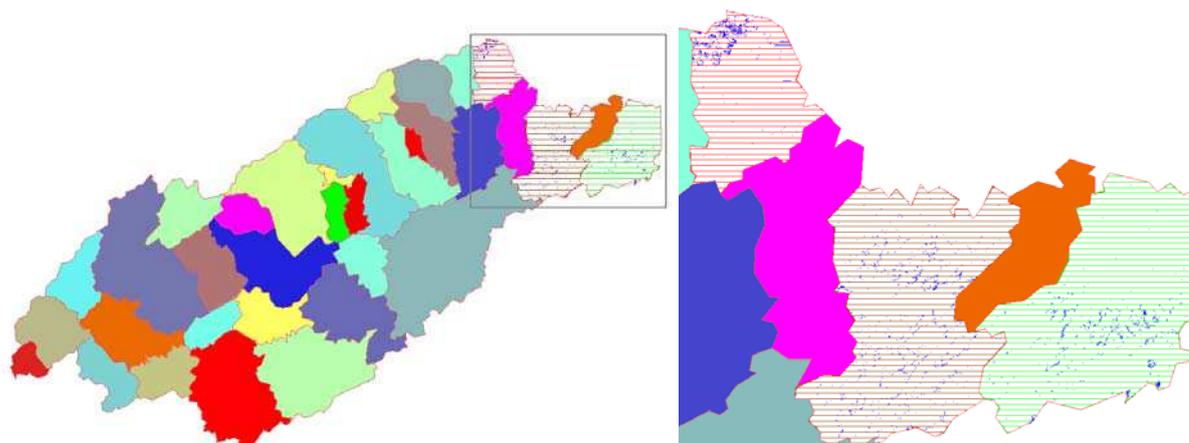


FIGURA 17 - Municípios (hachurados) com áreas expressivas de APP de declividade 45° (polígonos azuis) no trecho paulista da bacia: Bananal em verde, São José do Barreiro em marrom e Queluz em vermelho

Os dados resultantes dessa etapa de identificação das APP de declividade 45° nesses três municípios em questão podem ser utilizados para verificar a conformidade com a lei n.º 4.771 de 1965 do Código Florestal Brasileiro.

Essa etapa da pesquisa, também revelou que a análise comparativa dos dados 2000 para 2007, indicou um aumento nos índices de reflorestamento com eucalipto em APP de declividade 45° para os municípios de Paraibuna (74%) e Guaratinguetá (500%), o que acena com a necessidade de uma atenção mais efetiva para esses municípios.

Por outro lado, essa análise revelou que metade dos 34 municípios que compõem o trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul, teve uma retração dos índices de reflorestamento com eucalipto em APP de declividade 45° (no período entre 2000 e 2007).

Observou-se que 17 municípios sofreram diminuição do reflorestamento em APP de declividade 45°. Dentre esses, o valor mais expressivo foi de Cunha com -50,0% para uma extensão territorial de 140.717 ha, além dos municípios de Caçapava e São José do Barreiro que tiveram redução de 100% no período.

Também foi identificado nessa análise, que 8 municípios tiveram 0% de mudança na análise comparativa entre 2000 e 2007. Desses, 4 municípios: Canas, Cachoeira Paulista,

Arapeí e Potim não possuíam nenhum reflorestamento com eucalipto em APP de declividade 45° e outros 4 municípios: Monteiro Lobato, Igaratá, Piquete e Santa Isabel mantiveram o mesmo valor para esse índice no período em questão.

Portanto, a análise comparativa dos resultados entre 2000 e 2007 indicou que apenas 9 municípios realmente tiveram aumento nos índices de reflorestamento em APP de declividade 45°, pois, o resultado final demonstrou uma redução significativa com -14,5% nesses índices.

A etapa seguinte no processamento dos dados, teve como resultado a delimitação de todas as Áreas de Preservação Permanente nas margens dos rios de até 10m (TABELA 4), especificadas pela Resolução nº 303 do CONAMA, observando a faixa de 30 metros ao longo de ambas às margens para os rios com 10 metros de largura.

TABELA 4. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP margens de rios 10m no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul para 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Total das APP margens de rios (ha) B	% das APP margens de rios por município $[(B*100)/A]$	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>2</sup> C	% Reflorestamento em 2007 <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>3</sup> D	Diferença de 2007 e 2000 $[(C-D)/D*100]$
Paraibuna	11608	14,3	3077	3,8	1694	81,6
Santa Branca	4729	17,2	1405	5,1	775	81,3
S. José dos Campos	16798	15,3	1112	1,0	1075	3,4
Taubaté	7881	12,6	865	1,4	683	26,6
São L. do Paraitinga	9216	14,9	836	1,4	743	12,5
Redenção da Serra	4286	13,9	556	1,8	445	24,9
Cunha	23319	16,6	495	0,4	333	48,6
Jambeiro	2707	14,7	494	2,7	300	64,7
Guararema	4574	16,9	463	1,7	405	14,3
Queluz	3962	15,9	452	1,8	660	-31,5
Lorena	6222	15,0	442	1,1	122	262,3
Jacareí	7040	15,3	404	0,9	303	33,3
Guaratinguetá	11620	15,5	395	0,5	199	98,5
Igaratá	4363	14,9	384	1,3	102	276,5
Pindamonhangaba	8390	11,5	382	0,5	222	72,1
Caçapava	5214	14,1	367	1,0	476	-22,9
Natividade da Serra	10923	13,1	351	0,4	427	-17,8
Monteiro Lobato	6154	18,5	306	0,9	307	-0,3
Silveiras	6787	16,4	303	0,7	738	-58,9
Areias	5401	17,6	291	0,9	319	-8,8
Lavrinhas	2506	15,0	259	1,6	181	43,1
Tremembé	2529	13,1	157	0,8	60	161,7
Lagoinha	4537	17,7	131	0,5	101	29,7

TABELA 4. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP margens de rios 10m no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul para 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Total das APP margens de rios (ha) B	% das APP margens de rios por município $[(B*100)/A]$	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>2</sup> C	% Reflorestamento em 2007 <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>3</sup> D	Diferença de 2007 e 2000 $[(C-D)/D*100]$
Roseira	1693	13,0	110	0,8	88	25,0
Piquete	3027	17,2	110	0,6	27	307,4
Canas	549	10,3	83	1,6	0	-
Aparecida	1731	14,3	76	0,6	43	76,7
Cachoeira Paulista	4616	16,0	73	0,3	32	128,1
Bananal	7855	12,7	61	0,1	491	-87,6
Cruzeiro	4720	15,5	59	0,2	27	118,5
Arapeí	2189	14,1	43	0,3	48	-10,4
Santa Isabel	5802	16,1	34	0,1	33	3,0
Potim	348	7,8	9	0,2	0	-
São José do Barreiro	9349	16,4	8	0,0	133	-94,0
Total	212645	15,0	14593	1,0	11592	25,9

<sup>1</sup>Em ordem decrescente de ocorrência de reflorestamento em APP margens de rios 2007.

Fonte: <sup>2</sup>Esse trabalho.

Fonte: <sup>3</sup>KRONKA (2002).

A definição dos dados georreferenciados das Áreas de Preservação Permanente margens de rios 10m podem ser úteis na difícil tarefa de planejamento da recuperação das áreas de mata ciliar enquadradas como APP (**FIGURA 18**).

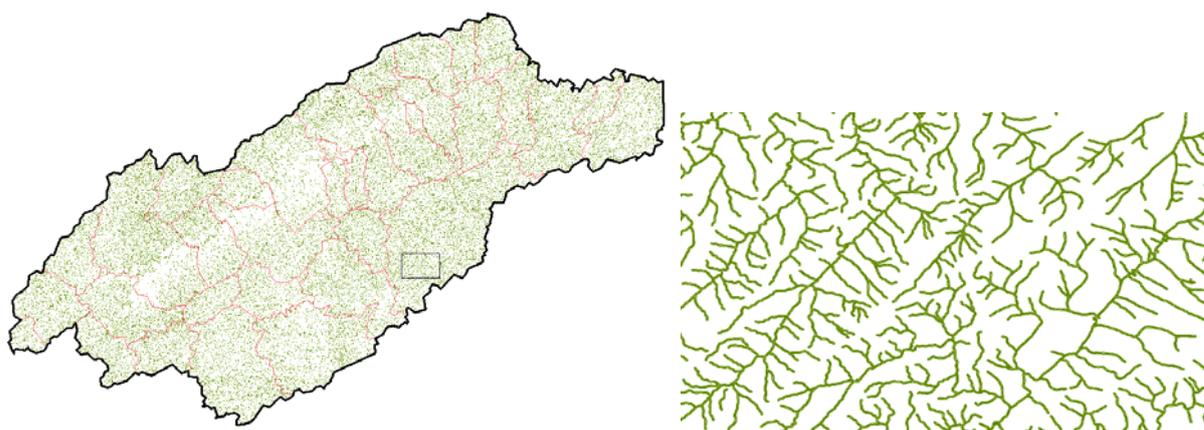


FIGURA 18 – Exemplo de APP margens de rios (polígonos verdes) em um trecho do município de Cunha, localizado sob o Mapa de APP margens de rios no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

Os municípios de Cunha (23.319ha) e São José dos Campos (16.798ha) possuem os resultados mais expressivos em APP de margens de rio 10m (**FIGURA 19**). O município de

Cunha possui a maior extensão territorial de toda a bacia e São José dos Campos uma vasta urbanização, o que coloca em risco a ocupação das áreas de mata ciliar.

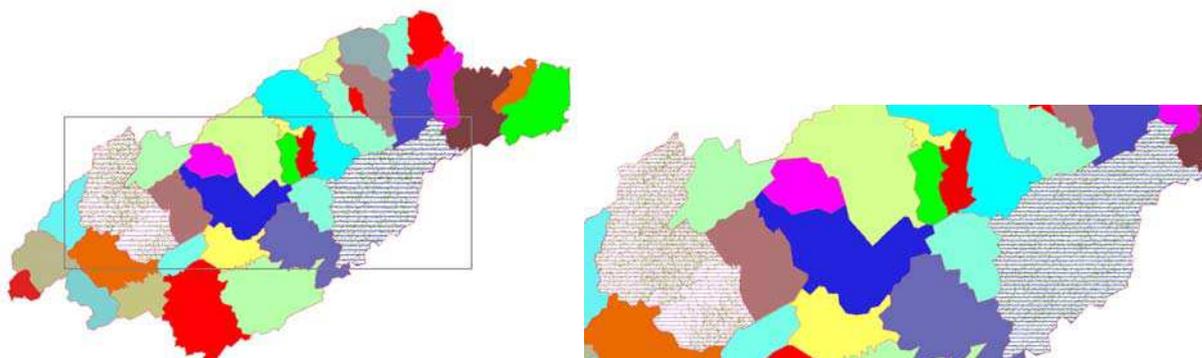


FIGURA 19 – Municípios (hachurados) com áreas expressivas de APP de margens de rio 10m (polígonos verdes) no trecho paulista da bacia: São José dos Campos em lilás e Cunha em azul

Também foi realizada nessa etapa, uma comparação dos índices de reflorestamento em APP de margens de rio 10m no período referente a 2000 e 2007, a qual demonstrou um significativo aumento para os municípios de Piquete com 307,4% em uma extensão territorial 17.588 ha e Paraibuna de 81,6% para uma extensão territorial de 80.979 hectares.

O município de Paraibuna é muito próximo a Serra do Mar, o que torna preocupante a possibilidade de plantios em Áreas de Preservação Permanente (APP) ou risco de contaminação com insumos químicos nessas localizações ambientalmente mais sensíveis.

Além desses, outros 23 municípios tiveram os valores de resultados positivos, indicando o aumento do reflorestamento com eucalipto nesse tipo de APP, ressaltando a importância de escrutínio de campo nessas áreas.

Dentre os municípios analisados por essa pesquisa, apenas 9 municípios demonstraram uma redução dos índices de reflorestamento de 2000 a 2007, os mais expressivos foram: São José do Barreiro (-94,0%), Bananal (-87,6%) e Silveiras (-58,9%). No total, essa análise revelou um avanço do reflorestamento em APP de margens de rio 10m, estimado em 25,9%.

Complementando essa etapa, foi desenvolvida uma análise sobre a área marginal da calha principal do rio Paraíba do Sul, que pela lei 4771/65 (Código Florestal Brasileiro) **100**

metros devem ser considerados como Área de Preservação Permanente (rios com 50 a 200 metros de largura), denominada por essa pesquisa como APP rio Paraíba do Sul.

Essa pesquisa mapeou e estimou as áreas correspondentes às APP rio Paraíba do Sul para todo o trecho paulista da Bacia Hidrográfica Paraíba do Sul, quantificando a área considerada como APP 100m em todos os municípios por onde passa o rio Paraíba do Sul, e quantificou a ocorrência de reflorestamento nessas áreas nos anos de 2000 e 2007 (TABELA 5).

TABELA 5. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP Rio Paraíba do Sul no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Total das APP Rio Paraíba do Sul (ha) B	% das APP Rio Paraíba do Sul por município [(B*100)/A]	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>2</sup> C	% Reflorestamento em 2007 <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>3</sup> D	Diferença de 2007 e 2000 [(C-D)/D*100]
Jacareí	892	1,9	59	0,1	15	293,3
Lavrinhas	262	1,6	20	0,1	5	300,0
Guararema	337	1,2	8	0,0	2	300,0
Cachoeira Paulista	273	0,9	7	0,0	0	-
Santa Branca	439	1,6	3	0,0	13	-76,9
Paraibuna	0	0,0	0	0,0	0	0
S. José dos Campos	831	0,8	0	0,0	0	0
Taubaté	232	0,4	0	0,0	0	0
São L. do Paraitinga	0	0,0	0	0,0	0	0
Redenção da Serra	0	0,0	0	0,0	0	0
Cunha	0	0,0	0	0,0	0	0
Jambeiro	0	0,0	0	0,0	0	0
Queluz	375	1,5	0	0,0	1	-100,0
Lorena	276	0,7	0	0,0	0	0
Guaratinguetá	324	0,4	0	0,0	0	0
Igaratá	0	0,0	0	0,0	0	0
Pindamonhangaba	579	0,8	0	0,0	0	0
Caçapava	628	1,7	0	0,0	0	0
Natividade da Serra	0	0,0	0	0,0	0	0
Monteiro Lobato	0	0,0	0	0,0	0	0
Silveiras	0	0,0	0	0,0	0	0
Areias	0	0,0	0	0,0	0	0
Tremembé	419	2,2	0	0,0	9	-100,0
Lagoinha	0	0,0	0	0,0	0	0
Roseira	98	0,8	0	0,0	0	0
Piquete	0	0,0	0	0,0	0	0
Canas	30	0,6	0	0,0	0	0
Aparecida	176	1,5	0	0,0	0	0

TABELA 5. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto em APP Rio Paraíba do Sul no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Total das APP Rio Paraíba do Sul (ha) B	% das APP Rio Paraíba do Sul por município [(B*100)/A]	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>2</sup> C	% Reflorestamento em 2007 <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>3</sup> D	Diferença de 2007 e 2000 [(C-D)/D*100]
Bananal	0	0,0	0	0,0	0	0
Cruzeiro	295	1,0	0	0,0	0	0
Arapeí	0	0,0	0	0,0	0	0
Santa Isabel	0	0,0	0	0,0	0	0
Potim	115	2,6	0	0,0	0	0
São José do Barreiro	0	0,0	0	0,0	0	0
Total	6581	0,5	97	0,0	45	115,6

<sup>1</sup>Em ordem decrescente de ocorrência de reflorestamento em APP Rio Paraíba do Sul 2007.

<sup>2</sup>Esse trabalho.

Fonte: <sup>3</sup> KRONKA (2002).

A tabela 5 mostra que as APP rio Paraíba do Sul ocorrem em partes de 18 municípios no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul: Jacareí, Lavrinhas, Guararema, Cachoeira Paulista, Santa Branca, São José dos Campos, Taubaté, Queluz, Lorena, Guaratinguetá, Pindamonhangaba, Caçapava, Tremembé, Roseira, Canas, Aparecida, Cruzeiro e Potim (**FIGURA 20**).

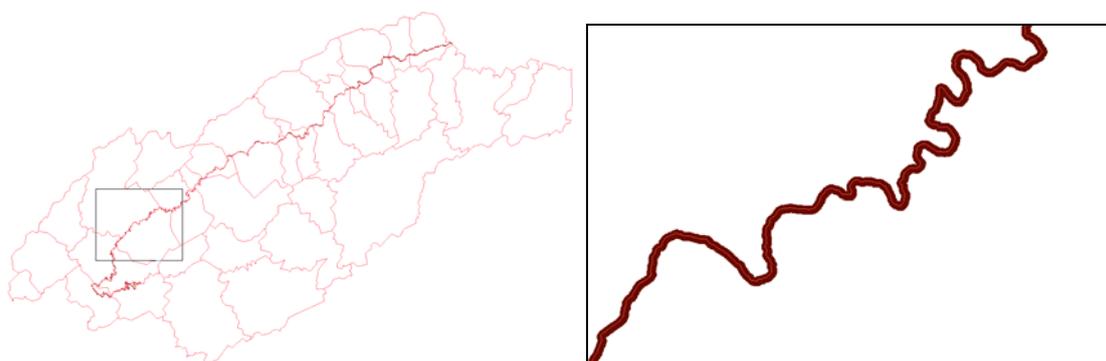


FIGURA 20 – Exemplo de APP rio Paraíba do Sul (polígono marrom) em um trecho do município de São José dos Campos, localizado sob o Mapa de APP rio Paraíba do Sul no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

Dentre os municípios possuidores das APP rio Paraíba do Sul, os mais expressivos com esse tipo de APP foram Jacareí (892 ha), São José dos Campos (831 ha) e Caçapava (628 ha). Também, foi demonstrado por essa análise que 16 municípios não possuíam APP Rio Paraíba do Sul no trecho paulista da bacia em 2007.

Essa pesquisa também, revelou que 3 municípios: Guararema (300,0%), Lavrinhas (300,0%) e Jacareí (293,3%) tiveram aumento nos índices de reflorestamento de 2000 para 2007 e, apenas outros 3 municípios: Santa Branca (-76,9%), Queluz (-100,0%) e Tremembé (-100,0%) tiveram uma retração desses índices.

Contudo, foi identificado um aumento das áreas em reflorestamento nas APP do Rio Paraíba de 115,6% no período de 2000 a 2007, o que instiga a busca de melhor gestão dessas áreas, uma vez que o rio Paraíba do Sul está intimamente ligado ao desenvolvimento social, econômico e cultural da região do Cone Leste Paulista que tem seus municípios influenciados diretamente ou indiretamente por ele.

Outra classe de APP de alta relevância é o entorno das nascentes, que também foram investigadas nessa pesquisa com base no Código Florestal que prevê que áreas de afloramento dos rios, intermitentes ou não, em qualquer tipo de relevo, devem ser protegidas em no mínimo 50 metros de raio partindo da localização que verte a água.

Assim, nessa pesquisa cada ponto na cabeceira das linhas de drenagem foi demarcado englobando uma área circunscrita por um raio de 50 metros no seu entorno (**FIGURA 21**).

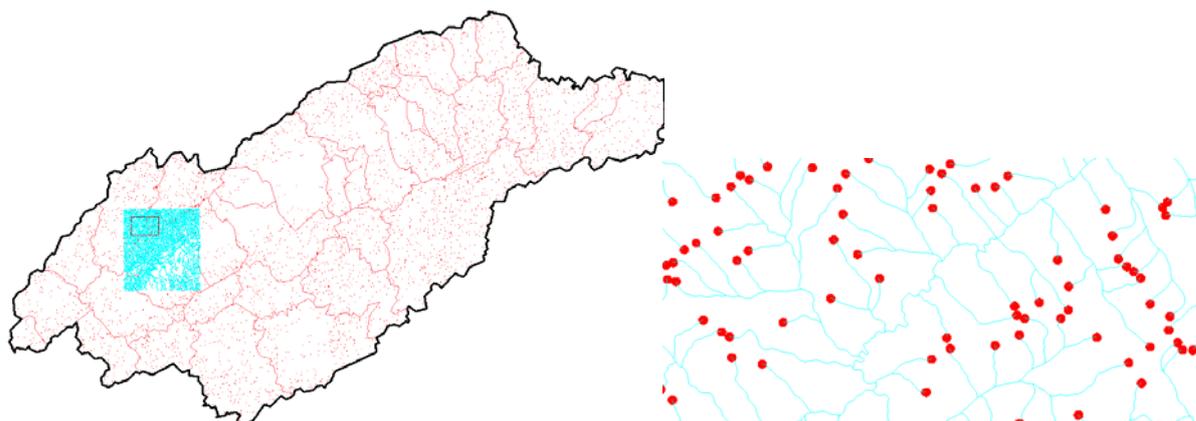


FIGURA 21 - Exemplo do entorno de APP de nascente (polígono vermelho) em um trecho do município de São José dos Campos, localizado sob o Mapa de entorno de APP de nascente do trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul

Na **tabela 6** foram exemplificados os dados sobre as áreas no entorno de APP de nascentes no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul.

TABELA 6. Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto no entorno de APP de nascentes no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul estimado em 2000 e 2007

Municípios <sup>1</sup>	Entorno de APP de nascentes (ha) B	% no entorno APP de nascentes por município [(B*100)/A]	Reflorestamento em 2007 (ha) <sup>2</sup> C	% Reflorestamento em 2007 <sup>2</sup>	Reflorestamento em 2000 (ha) <sup>3</sup> D	% Diferença de 2007 e 2000 [(C-D)/D*100]
Paraibuna	1504	1,9	487	0,6	287	69,7
Santa Branca	506	1,8	187	0,7	91	105,5
S. José dos Campos	2241	2,0	177	0,2	198	-10,6
Taubaté	950	1,5	140	0,2	127	10,2
São L. do Paraitinga	1263	2,0	143	0,2	124	15,3
Redenção da Serra	532	1,7	88	0,3	58	51,7
Pindamonhangaba	687	0,9	54	0,1	30	80,0
Natividade da Serra	1134	1,4	56	0,1	64	-12,5
Jambeiro	338	1,8	69	0,4	44	56,8
Queluz	372	1,5	52	0,2	65	-20,0
Guaratinguetá	1322	1,8	60	0,1	26	130,8
Cunha	3187	2,3	87	0,1	45	93,3
Lorena	760	1,8	65	0,2	16	306,3
Guararema	642	2,4	66	0,2	58	13,8
Caçapava	586	1,6	47	0,1	64	-26,6
Igaratá	517	1,8	52	0,2	19	173,7
Silveiras	852	2,1	48	0,1	115	-58,3
Jacareí	793	1,7	69	0,1	48	43,8
Areias	744	2,4	42	0,1	40	5,0
Lavrinhas	230	1,4	24	0,1	13	84,6
Monteiro Lobato	994	3,0	50	0,2	54	-7,4
Tremembé	169	0,9	31	0,2	6	416,7
Roseira	123	0,9	10	0,1	8	25,0
Piquete	505	2,9	27	0,2	3	800,0
Lagoinha	612	2,4	18	0,1	11	63,6
Aparecida	173	1,4	12	0,1	5	140,0
Canas	46	0,9	9	0,2	0	-
Cruzeiro	547	1,8	8	0,0	3	166,7
Cachoeira Paulista	579	2,0	8	0,0	12	-33,3
Bananal	922	1,5	7	0,0	58	-87,9
Arapeí	246	1,6	6	0,0	4	50,0
Santa Isabel	756	2,1	10	0,0	8	25,0
São José do Barreiro	1190	2,1	3	0,0	24	-87,5
Potim	22	0,5	1	0,0	0	-
Total	26044	1,85	2213	0,2	1728	28,1

<sup>1</sup>Em ordem decrescente de ocorrência de reflorestamento no entorno de APP de nascentes 2007.

<sup>2</sup>Esse trabalho.

Fonte:<sup>3</sup> KRONKA (2002).

Os resultados revelaram um valor elevado no entorno de APP de nascentes nos municípios de Cunha (3.187 ha) e São José dos Campos (2.241 ha) (**FIGURA 22**). Contudo,

é importante ressaltar que a resolução espectral e espacial das imagens utilizadas (3 bandas espectrais efetivamente usadas e 30 m de resolução espacial) não permitiram uma análise detalhada do interior da área de entorno das APP de nascente, dessa forma, esses dados retratam que a nascente estava envolta por áreas de reflorestamento e, eventualmente, a área de APP em si, poderia estar com vegetação nativa o que minimizaria os valores de reflorestamento nessas APP. Dessa forma, esse fato só pode ser confirmado com verificação de campo.

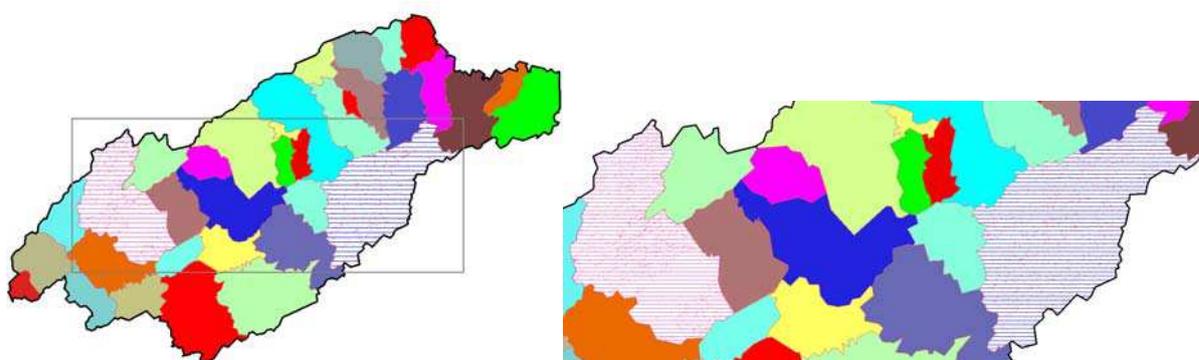


FIGURA 22 – Municípios (hachurados) com áreas expressivas no entorno de APP de nascentes (polígonos vermelhos) no trecho paulista da bacia: Cunha em azul e São José dos Campos em lilás

Esses resultados demonstraram uma proximidade da ocorrência no entorno de Áreas de Preservação Permanente de nascentes com a Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira, como observado nos municípios de “Cunha” e “São José dos Campos”, tornando evidente a importância na conservação dessas áreas, como previsto pela CONAMA (2002), que definiu a relevância de se manter as áreas protegidas, como objeto de interesse ambiental, integrantes do desenvolvimento sustentável para atuais e futuras gerações.

Também, foi revelado pela análise dos dados municipais um elevado crescimento do reflorestamento no período entre 2000 e 2007 no entorno de APP de nascentes. Os municípios de Paraibuna com 69,7% e Piquete com 800,0%, tiveram um aumento expressivo nesses índices. O município de Paraibuna com 80.979 ha representa uma área bem mais expressiva quando comparado com o município de Piquete com apenas 17.588 ha. Mais uma vez, evidencia-se a preocupação de um exame mais detalhado no entorno de Áreas de Preservação

Permanente de nascentes, uma vez que o município de Paraibuna situa-se muito próximo a Serra do Mar e Piquete muito próximo a Serra da Mantiqueira.

Entretanto, no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul houve 9 dos 34 municípios com índices de reflorestamento reduzidos no período entre 2000 e 2007, especialmente os municípios de Bananal com uma redução estimada em -87,9% e São José do Barreiro em -87,5%.

Contudo, houve um aumento de 28,1% do reflorestamento no entorno de APP de nascentes nos 34 municípios que compõem o trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul. Mais uma vez, ressalta-se a necessidade de uma investigação para a melhoria da gestão dessas áreas voltada à qualidade dos recursos hídricos.

Desta forma, também se deve considerar os resultados finais dessa pesquisa, que quantificaram em 2007 a existência de 212.645 ha de APP margens de rio até 10m, 6.581 ha de APP rio Paraíba do Sul, 6.395 ha de APP declividade 45° e 26.044 ha no entorno de APP de nascentes para uma área total do trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul calculada em 1.418.964 ha, sendo indispensável à aplicação de políticas públicas mais eficazes, norteadas por princípios da sustentabilidade e em conformidade com a legislação que regulam o uso dessas áreas.

## 6. CONCLUSÕES

No período referente a 2000 e 2007 tornou-se evidente a expansão das áreas com cultivo do eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul, a qual foi identificada por um significativo aumento de 32,2% na proporção desse tipo de cultivo na região, considerando o fato dessa expansão estar presente em três dos tipos de APP identificadas por essa pesquisa, tais como: margens de rio até 10m (25,9%), rio Paraíba do Sul (115,6%) e no entorno de APP de nascentes (28,1%).

A estimativa desse incremento em áreas sensíveis que deveriam ser preservadas, cuja proximidade com as áreas serranas serve como berçário para a qualidade ambiental da bacia hidrográfica, revelou uma situação preocupante para os municípios próximos às serras do “Mar e Mantiqueira”, por sofrerem esse tipo de interferência.

Por essa razão, foram quantificados os resultados finais da etapa de identificação e mapeamento das áreas totais de APP, revelando que o trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul possui 15,0% de APP margens de rio até 10m, 0,5% de APP rio Paraíba do Sul, 0,5% de APP declividade 45° e 1,85% no entorno de APP de nascentes para uma área calculada em 1.418.964 ha.

Assim, as Áreas de Preservação Permanente cuja importância está na conservação desses ambientes, faz do trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul uma vasta extensão de preservação, a qual tem sofrido interferências com o cultivo do eucalipto em lugares inapropriados, tornando-a exposta a degradação dos recursos hídricos, da biodiversidade e da conservação do solo.

Contudo, as APP declividade 45° indicaram uma melhora nos resultados finais, apontando para uma redução de -14,5% nas interferências do cultivo de eucalipto nesse tipo

de APP, considerando uma evolução na efetiva fiscalização dessas áreas devido à proximidade com as serras e a intenção como produtoras de água.

Entretanto, sugere-se a continuação dessa pesquisa com base nos resultados apresentados, visando à validação de campo, especialmente em áreas no entorno de APP de nascentes.

Tornando-se evidente a eficácia na utilização das Geotecnologias para esse tipo de análise, enfatizando a adequabilidade do aplicativo SPRING como facilitador para essa função, na qual as técnicas de Sensoriamento Remoto permitiram a identificação dos talhões de eucalipto em 2007 (por meio da análise das imagens de satélite) e o Geoprocessamento à construção de um novo banco de dados para o reflorestamento 2007, a partir da visualização dos dados de 2000.

Além disso, essas técnicas se mostraram fundamentais para a identificação e mapeamento das APP em toda extensão do trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, ressaltando a necessidade do auxílio dessas tecnologias para a demarcação de áreas totais e a construção dos diversos mapas temáticos para cada tipo de APP, considerando a relevância no tamanho da área de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; ROJAS, J. S. D. **Índice de área foliar de *Eucalyptus grandis* em resposta à adubação com potássio e sódio**. In: Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 1-7. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/82/1/1-7.pdf>> . Acesso em: 17 nov. 2008.

ARGÜELLO, F. V. P.; SAUSEN, T. M. **Geografia: Localização e aspectos físicos**. In: FERREIRA, P. C. A Biologia e a Geografia do Vale do Paraíba: trecho paulista. São José dos Campos: IEPA, 2007. cap. 1, p. 9-34.

AZEVEDO, L. C.; **Análise da Precipitação Pluvial na Bacia do rio Iguazu – Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2006. Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/Image/conteudo/artigos\\_teses/teses\\_geografia2008/dissertacaouemluizcarlosdeazevedo.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/Image/conteudo/artigos_teses/teses_geografia2008/dissertacaouemluizcarlosdeazevedo.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2009

BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.; CASTRO, R. M.; MOREIRA, R. C. **Análise espectral comparativa entre coberturas florestais de essências nativas e exóticas utilizando o sensor aerotransportado hiperespectral HSS (do visível ao infravermelho termal)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6423-6430. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.16.08>>. Acesso em: 13 jun. 2008.

BRASIL. DECRETO-LEI Nº. 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. **Institui o Novo Código Florestal Brasileiro e dá outras providências**. DOU de 16 de setembro de 1965. Brasília DF. 1965. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 03 set 2008.

BRASIL. DECRETO Nº 99.274, DE 6 DE JUNHO DE 1990. **Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências**. DOU de 6 de junho de 1990. Brasília DF. 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=328>>. Acesso em: 21 nov 2009.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº**

**8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Brasília DF. 1997. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/19433.htm>>. Acesso em: 21 nov 2009.

BRASIL. LEI Nº. 9.985 DE 18 DE JULHO DE 2000. **Regulamenta o Art. 225, Par. 1º, Incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. DOU de 18 de julho de 2000.** Brasília DF. 2000. Disponível em:<<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº. 303, DE 20 DE MARÇO DE 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.** DOU de 13 de maio de 2002. Brasília DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 03 set 2008.

BRONAUT, R. P. M.; PARANHOS FILHO, A. C. **Avaliação do uso de imagens de satélite Landsat ETM+ na identificação e monitoramento das áreas de preservação permanente ao longo dos corpos hídricos.** In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1. (GEOPANTANAL), 2006, Campo Grande. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. p. 431-437. CD-ROM. ISBN 85-17-00029-3. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.12.15.43>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by objected-oriented data modeling.** J. Computers & Graphics, 20(3), 395-403, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/spring.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T. **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antonio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br/seer/index.php/ambi-agua/article/viewFile/1/68>> . Acesso em: 22 set. 2008.

CASTRO, A. F.; AMARO, V. E.; VITAL, H. **Desenvolvimento de um banco de dados geográficos em um ambiente SIG e sua aplicação na elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas costeiras do Estado do Rio Grande do Norte.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1533 - 1540. CD-ROM, Online. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.21.22>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

CEIVAP. COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Dados geoambientais**. Disponível em: <[http://ceivap.org.br/bacia\\_1\\_2.php](http://ceivap.org.br/bacia_1_2.php)>. Acesso em: 05 de out. 2009.

CEIVAP. COMITÊ DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Paraíba do Sul: resumo: diagnóstico dos recursos hídricos: relatório final**. Resende: AGEVAP, 2006. Disponível em:<<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-006-R0.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2009.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

CHUVIECO SALINERO, E. **Teledetection ambiental: la observación de la tierra desde el espacio**. Barcelona: Ariel, 2002. 586 p.

DIAS, N. W.; DINIZ, H. N.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. **Geospatial technology applied to the identification of groundwater recharge areas in northeastern São Paulo, Brazil**. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 21-30, 2009. (doi:10.4136/ambi-agua.83).

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. **Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 10, n. 1, Mar. 2006 .Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662006000100026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000100026&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em:08 fev. 2010.

ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C.; SALDANHA, D. L.; GUERRA, T.; PORTO, M. L. **Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari - RS - Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5191-5198. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.10.19.04>>. Acesso em:08 fev. 2010.

FARIAS,C. **Justiça barra cultivo de eucalipto em São Luiz do Paraitinga (SP)**.*Folhaonline*.Disponívelem:<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u380546.shtml>>. Acesso em: 13 jun. 2008.

FEARNSIDE, P. M. **Código Florestal: o perigo de abrir brechas**. *Revista Ciência Hoje*, v.28, n.163, São Paulo: SBPC, ago.de 2000, p- 62 –63. Disponível em: <[http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2000/Codigo20florestal.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2000/Codigo20florestal.pdf) >. Acesso em: 01 set. 2009.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**, Oficina de Textos, 2002, 97p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica; período 1995-2000: relatório final**. São José dos Campos: Deposited in the URLib collection, 2002. 47 p. (INPE-9694-PRP/238). Contém 11 mapas. (INPE-9694-PRP/238). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.07.45>>. Acesso em: 16 abr. de 2008.

IBGE-FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA, **Carta do Brasil-Escala 1:50.000. Proj. Universal Transversa de Mercator**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 nov. de 2008.

IBGE-FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA, **Área Territorial Oficial-Consulta por município**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.shtm/>. Acesso em: 29 set. de 2009.

INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, **Mapa com limites municipais do Estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/mapas.html>>. Acesso em: 29 nov. de 2008.

KRONKA, F.J.N. (org.). **Inventário florestal das áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente-Instituto Florestal, 2002.184 p.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 301p.

NASCIMENTO, P. S. R.; ALMEIDA FILHO, R. **Utilização da técnica de segmentação em imagens TM/Landsat visando otimizar a técnica de interpretação visual**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. (SBSR), 1996, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE, 1996. p. 215-218. CD-ROM. ISBN 85-17-00014-5. (INPE-6187-PRE/2276). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30>>. Acesso em: 13 jun. 2008.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. Á. S.; SILVA, E. **Delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos:

INPE, 2005. p. 2289-2296. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.18.18.26>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

PEREIRA, D. S. P.; JONHSSON, M. **Governabilidade dos Recursos Hídricos no Brasil: a implementação dos instrumentos de gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Brasília: ANA, 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Governabilidade.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2009.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 144p. 2007. Cap. 3, p. 67-102.

RAMOS, J. G. A.; DIAS, H. C. T. **Escoamento superficial de água de chuva no cultivo do eucalipto**. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 363-365. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/121>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. **O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente**. Rev. Árvore, Viçosa, v. 29, n. 2, abr. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622005000200004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000200004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 27 set. 2009. doi: 10.1590/S0100-67622005000200004.

RODRIGUES, C. JR.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, Taubaté, SP**. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 67-73. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/83>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; XAVIER, A. C.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; ROSA, V. G. C.; SHIMABUKURO, Y. E. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2003/2004**. São José dos Campos: INPE, 2004. 47 p. (INPE-10791-RPQ/759). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/07.02.14.36>>. Acesso em: 13 jun. 2008.

SALBEGO, A. G.; SAMPAIO, M. V.; ROBAINA, A. D.; MADRUGA, P. R. A. **As áreas de preservação permanente no contexto da sub-bacia do Arroio Grande/RS**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4311-4317. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.12.18.41>>. Acesso em: 08 Fev. 2010.

SÃO PAULO. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007: resumo**. São Paulo, DAEE, 2006.

Disponível em: <[http://www.dae.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/acervoepesquisa/perh/perh2204\\_2207/perh20042007.htm](http://www.dae.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/acervoepesquisa/perh/perh2204_2207/perh20042007.htm)>. Acesso em: 22 nov. 2009.

SÃO PAULO. DECRETO ESTADUAL Nº. 53.027 DE 26 DE MAIO DE 2008. **Reorganiza a Secretaria do Meio Ambiente - SMA e dá providências correlatas José Serra, Governador do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais**. São Paulo, Diário Oficial, volume 118, no. 95. Disponível em:

<[http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/decretos/2008\\_Dec\\_Est\\_53027.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/decretos/2008_Dec_Est_53027.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). LEI Nº. 13.542 DE 08 DE MAIO DE 2009. **Altera a denominação da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e dá nova redação aos artigos 2º e 10 da Lei nº 118, de 29 de junho de 1973**. São Paulo, SMA, 2009. Disponível em <[http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/leis/2009\\_lei\\_13542.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/leis/2009_lei_13542.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 28 FEV. 2010.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Instituto Florestal: Quem somos**. São Paulo, SMA, 2009. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/institucional/index.asp>>. Acesso em: 24 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **SMA/Relatório de Gestão (Junho 2009)**. São Paulo, SMA, 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/pdf/balanco21projetos2009.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **DEPRN-Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais** São Paulo, SMA, 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cprnDepnr.php>>. Acesso em: 24 nov. 2009.

SANTOS, C. R.; CASAGRANDE, B.; ROSENDO, J. S.; ROSA, R. **O uso do geoprocessamento na detecção de Pinus e vegetação natural no Município de Indianópolis - MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 1087-1093. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.18.18>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

SANTOS, C. C.; MARTINS, A. K. E. **O uso do geoprocessamento para delimitar áreas de ocupação dos solos urbanos. A microbacia do Córrego Machado, Palmas – TO, um estudo de caso.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1163-1169. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.24>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

SATO, A. M.; AVELAR, A. S.; NETTO, A. L. C. **Hidrologia de encosta numa cabeceira de drenagem com cobertura de eucalipto na bacia do rio Sesmarias: médio vale do rio Paraíba do Sul.** Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 147-154. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/93>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

SCOLFORO, J. R.; **O Mundo Eucalipto: os fatos e mitos de sua cultura.** Rio de Janeiro: Mar de Idéias, 2008. 70p.

SIMON, A. L. H. **A Dinâmica do Uso da Terra e sua Interferência na Morfohidrografia da Bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS).** 2007.185f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP, 2007. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=89952](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=89952)>. Acesso em: 22 nov. 2009.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2000.

VETTORAZZI, C. A. **Técnicas de Geoprocessamento no Monitoramento de Áreas Florestadas.** Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.10, n.29, p.45 – 51, Nov.1996. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr29/cap06.pdf>>. Acesso em: 08 fev.de 2010.

VIANNA, L. G. G.; SATO, A. M.; FERNANDES, M. C.; NETTO, A. L. C. **Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geocossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ).** Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 367-369. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/122>>. Acesso em: 9 abril de 2008.

VIESSAM, JR. W.; HARBUGH, T. E.; KNAPP, J. W.; **Introducion to hydrology.** New York: In text Educational, 1972. *Apud* VILELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

VILELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.