



## **Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil**

(doi:10.4136/ambi-agua.158)

**Fernanda Viana Paiva Arguello<sup>1</sup>; Getulio Teixeira Batista<sup>1</sup>; Flávio Jorge Ponzoni<sup>2</sup>; Nelson Wellausen Dias<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté

E-mail: viana\_fernanda@yahoo.com.br; getulio@agro.unitau.br; nwdias@gmail.com

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

E-mail: flavio@dsr.inpe.br

### **RESUMO**

Esse trabalho teve por objetivo avaliar a expansão da área plantada com eucalipto, por município, no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul entre 2001 e 2007. A metodologia desse trabalho envolveu a identificação e o mapeamento de talhões de eucalipto em 2007 com base na análise e interpretação das imagens TM/Landsat-5 (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. Os dados da estimativa das áreas plantadas foram comparados com os dados referentes ao ano de 2001 e revelou que houve aumento de 32,2% no cultivo da espécie na região até 2007. O resultado da estimativa de 2007 foi comparada 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.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto; geoprocessamento; mudança de uso da terra.

### **Spatial distribution of Eucalyptus plantations in the São Paulo State portion of Paraíba do Sul river basin, Brazil**

#### **ABSTRACT**

This study assessed the evolution of the area planted to *Eucalyptus*, by municipality, in São Paulo state in the river basin of the Paraíba do Sul from 2001 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 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 on the boundaries of the municipalities that occurred in this watershed. Areal estimates of *Eucalyptus* plantations of each municipality were compared with data from the year 2001 and revealed an increase of 32.2% in the cultivated area in the region up to 2007. The results from 2007 were compared with data from a project LUPA from the Secretary of Agriculture of São Paulo State also from 2007 and it was found a difference of only 1.4%, considering the set of all municipalities.

**Keywords:** remote sensing; GIS; land use change.

## **1. INTRODUÇÃO**

A bacia hidrográfica Paraíba do Sul tem área total de aproximadamente 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>). O rio Paraíba do Sul tem extensão de 1.150 km

tendo sua origem no encontro dos rios Paraibuna e Paraitinga no Estado de São Paulo e sua foz na praia de Atafona no município de São João da Barra, RJ, abastecendo um total de 180 municípios em toda a extensão da bacia (CEIVAP, 2006).

O trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul abrange 34 municípios, com população estimada em 2007 de 2.006.315 habitantes, distribuídos em aproximadamente 1.850.971 no meio urbano e 155.344 na zona rural (São Paulo, 2006).

Segundo São Paulo (2006) a produção leiteira é a principal atividade do setor primário, tendo as indústrias aeronáutica, automobilística, mecânica, química, eletroeletrônica e papel e celulose como as principais no setor industrial.

De acordo com CEIVAP (2006), a cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, originalmente, era ocupada por algumas essências nativas da Mata Atlântica, a qual foi substituída pelo plantio do café, depois cana de açúcar em meados do século XVIII, reduzindo a produtividade dos solos em função da erosão.

Ainda CEIVAP (2006) relata que a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul também sofreu expansão da pecuária leiteira intensificando a erosão do solo e atualmente, está recoberta, em partes, pela silvicultura, o tem provocado questionamentos sobre as interferências ambientais e socioeconômicas atreladas a mais um tipo de monocultura na região.

De acordo com Vianna et al. (2007), a silvicultura de eucalipto tem se estabelecido em extensas áreas rurais desde meados do século passado, trazendo novas oportunidades econômicas às áreas já consideradas ambientalmente prejudicadas.

A qualidade e a disponibilidade de água segundo Ribeiro et al. (2005) tem sido prejudicada pelo uso indevido e pela exploração indiscriminada desse recurso durante o processo de colonização e consolidação do território brasileiro, no qual áreas de florestas foram substituídas pela agricultura, pecuária e mineração.

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, têm contribuído significativamente para a diminuição das florestas nativas, tornando o eucalipto uma espécie útil para diminuir a pressão sobre as florestas naturais. O autor ainda comenta o fato dessa espécie poder ser cultivada em quase todos os tipos de clima do planeta, possuir crescimento rápido, pronto para colheita em apenas 7 anos, e suportar até 3 cortes num período de 21 anos, além de permitir a extração de diversos tipos de produtos.

Sobre esse aspecto, Lima (1996) também considerou que a procura por madeira das florestas plantadas foi incentivada por muitos segmentos governamentais e órgãos internacionais, com o objetivo de incrementar o plantio de eucalipto em comunidades de pequenos proprietários, num processo de reflorestamento social, para favorecer a preservação dos remanescentes das florestas nativas e diminuir a degradação ambiental das bacias hidrográficas, perda da qualidade da água e a diminuição da fertilidade do solo.

Assim, diante do histórico de uso degradante pelo qual passou a região, o crescimento da silvicultura do eucalipto de forma sustentável requer a participação de três setores: o empresarial, a comunidade local e a comunidade científica, que apresentam percepções diferenciadas sobre o futuro dessa atividade.

Segundo Batista et al. (2007) o setor empresarial apresenta a silvicultura de eucalipto como possibilidade para o avanço econômico da região, considerando possível um aumento na demanda pelos produtos florestais no mundo. O Estado de São Paulo possui a maior área de plantio do Brasil e o Vale do Paraíba foi considerado como uma das áreas mais promissoras para a expansão dessa cultura, devido ao clima e ao solo já degradado por erosão e pobre em nutrientes pelo seu uso indevido no passado.

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. Tudo isso leva a um prognóstico de expansão dessa cultura na região. Contudo, a comunidade da Bacia do Paraíba do Sul tem realizado manifestações e levantado questionamentos sobre possíveis impactos ambientais, tais como: o consumo intensivo de água no solo com interferência nos processos hidrológicos e erosivos, ou, até mesmo nos impactos socioeconômicos como oferta de empregos, êxodo rural e a geração de renda para as pequenas e médias propriedades.

Com relação aos processos no solo, Lima (1996) aponta que grandes plantações industriais que envolvem o preparo do solo para o plantio das mudas resultam na exposição dos solos da mesma forma que os cortes cíclicos devido ao rápido crescimento dessa espécie, e, dessa forma poderiam causar perdas consideráveis do solo por erosão. Contudo, Scolforo (2008) descreve algumas alternativas utilizadas no manejo do solo que ajudariam no controle da erosão: o plantio em nível, todos os processos de desenvolvimento no cultivo dessa espécie devem ser realizados em linhas niveladas; roçada, com produtos agroquímicos ou por roçadeiras sem prejudicar a estrutura do solo; não uso de queimadas para limpeza do terreno e 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 a formação de sulcos (posteriormente voçorocas) e aumentando a retenção de água no solo.

Lima (1996) discutiu os impactos causados pelo cultivo do eucalipto relacionados ao balanço hídrico em bacias hidrográficas e indicou que as taxas de transpiração do eucalipto eram equivalentes às de outras espécies, porém, a questão social relacionada a esse cultivo era merecedora de mais atenção. Devem-se buscar alternativas de manejo do solo mais sustentáveis.

Segundo Ramos e Dias (2007), a falta de água ocorre muitas vezes pelo uso indevido do solo nas bacias hidrográficas e não pela escassez de chuva. De forma similar, Rodrigues et al. (2007) adicionam 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.

Recentemente, foi movida uma ação civil pública contra duas empresas que vinham ampliando o plantio de eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga, alegando que a expansão dessa monocultura na região promove o êxodo rural e causa prejuízos ao meio ambiente (Farias, 2008). Portanto, é fundamental ter uma avaliação das ocorrências das áreas plantadas com eucalipto nessa região. Em área tão extensa como o trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, essa tarefa pode ser facilitada pelo uso de técnicas de Sensoriamento Remoto.

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 de celulose e papel, firmaram as técnicas de Sensoriamento Remoto e 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, além de outras utilidades, tais como: garantia da atualização da base cartográfica e do banco de dados das empresas; apoio para órgãos fiscalizadores; indicação de áreas em risco de possíveis incêndios, ocorrência de pragas, ou doenças; informações sobre as Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais; além da análise da matéria-prima em áreas de terceiros. Eckhardt et al. (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 e geração de mapas temáticos.

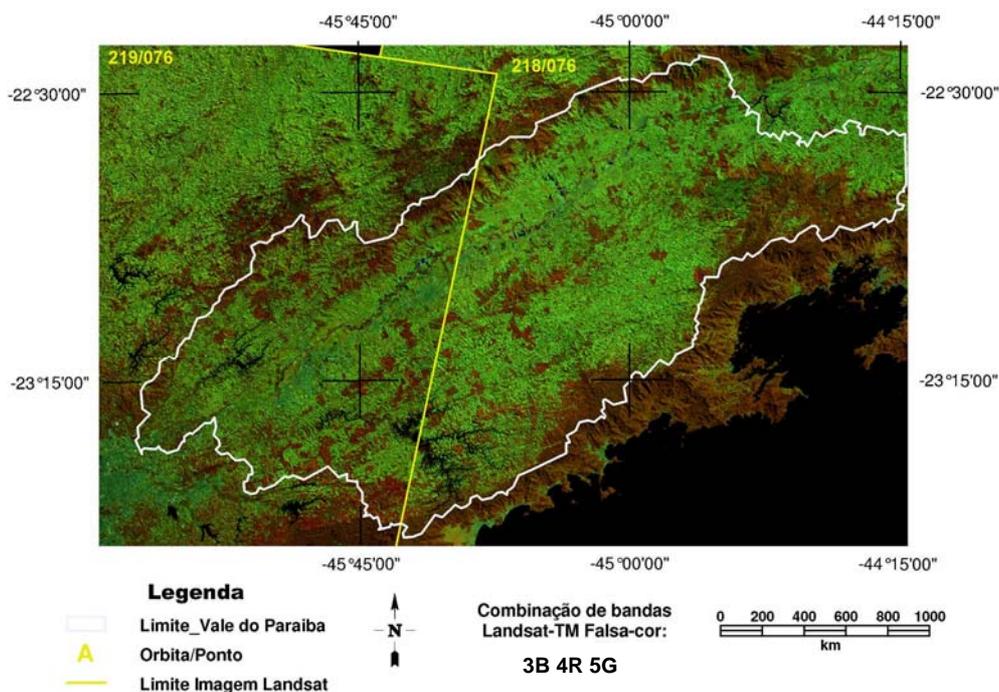
Assim, esse trabalho teve por objetivo avaliar a expansão das áreas de plantio do eucalipto por município no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul no período de 2001 a 2007 por meio de imagens TM/Landsat-5.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. 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). Segundo o CEIVAP (2001), a bacia é composta por remanescentes da Mata Atlântica, situados nas áreas mais elevadas, com relevo mais acidentado. A bacia hidrográfica Paraíba do Sul contém colinas e mares de morros, cuja geologia é caracterizada pelos Escudos Cristalinos, compreendidos na Serra do Mar e Mantiqueira e, pelas áreas planas 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 Arguello (2007).

A Figura 1 mostra a cobertura vegetal da bacia em verde-claro, as áreas urbanas em azul e corpos da água em preto.



**Figura 1.** Composição colorida (Bandas 3B 4R 5G) das imagens Landsat TM, adquiridas em 16/08/2007 e 25/08/2007, mostrando o limite do trecho paulista da 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 para a base de dados 2007 e órbita/ponto 219/76 adquirida em 15/08/2001 e órbita/ponto 218/76 adquirida em 09/09/2001 para a base de dados 2001, com 30 m x 30 m de resolução espacial.

O aplicativo de processamento de imagens e de geoprocessamento utilizado nesse trabalho foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) versão Windows 4.3.2 (Câmara et al., 1996), além de uma base de dados do Instituto Florestal de São Paulo (IF) contendo a distribuição espacial das áreas ocupadas por reflorestamentos de

essências exóticas e remanescentes da mata nativa para 1999-2000. Esta base temática foi desenvolvida a partir da interpretação visual de imagens TM/Landsat 5 datadas de 1999 a 2000. A área mínima de mapeamento foram 10 ha, segundo critérios estabelecidos pela equipe responsável pela execução do mapeamento (Kronka, 2002). Os dados contidos nesta base foram utilizados como referência na geração de uma nova base temática elaborada a partir de imagens TM/Landsat 5, agora datadas de 2001.

Também, foram utilizados dados da base cartográfica das cartas 1:50.000 do IBGE (2009) para auxiliar nos dados da malha municipal disponibilizada pelo INPE (2008). A base de dados contendo a malha dos municípios que compõem a bacia foi composta por dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, disponibilizada no banco de dados do projeto SPRING e utilizada nesse trabalho para o cruzamento com os dados de reflorestamento.

## **2.2. Principais etapas da metodologia**

O trabalho incluiu as seguintes fases:

- 1ª Fase - Elaboração do mapa temático de 2001 a partir dos dados fornecidos pelo IF (Kronka, 2002).
- 2ª Fase - Elaboração do mapa temático referente a 2007.
- 3ª Fase - Cruzamento do mapa das áreas plantadas com eucalipto com o mapa da malha municipal.

### **2.2.1. 1ª Fase-Elaboração do mapa temático de 2001 a partir dos dados fornecidos pelo IF**

Inicialmente, foi realizado o georreferenciamento das imagens TM/Landsat 2001, definida pela projeção UTM, datum SAD69, zona 23, meridiano central 45°, com latitude do canto superior direito em 22° 07' 46.07'' Sul e longitude 44° 13' 43.34'' Oeste e, latitude do canto inferior esquerdo em 23° 54' 25.52'' Sul e longitude 46° 10' 02.63'' Oeste. Em seguida, o registro das imagens, tendo como referência o mosaico de imagens Landsat disponibilizado pela NASA "Global Land Cover Facility: Earth Science Data Interface" (<http://www.glcf.umiacs.umd.edu/data/>), usando 6 pontos de controle para o registro de cada imagem com avaliação do erro de registro.

A partir dessa etapa, os dados de reflorestamento do IF obtidos com base nas imagens de 1999 a 2000 foram sobrepostos à composição de imagens de 2001. Esse procedimento serviu para revisar a interpretação visual da base de dados disponibilizada pelo IF e atualizá-la por meio das imagens georreferenciadas para a data de 2001, compondo uma nova base de dados denominada "Mapa 2001", cujo objetivo foi padronizar o critério utilizado para o mapeamento das áreas de reflorestamento nas diferentes datas, para permitir a comparação com o levantamento realizado nesse trabalho referente a 2007.

### **2.2.2. 2ª Fase - Elaboração do mapa temático referente a 2007**

As principais etapas metodológicas nessa 2ª fase do trabalho seguiram as práticas dos projetos: Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000 (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 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).

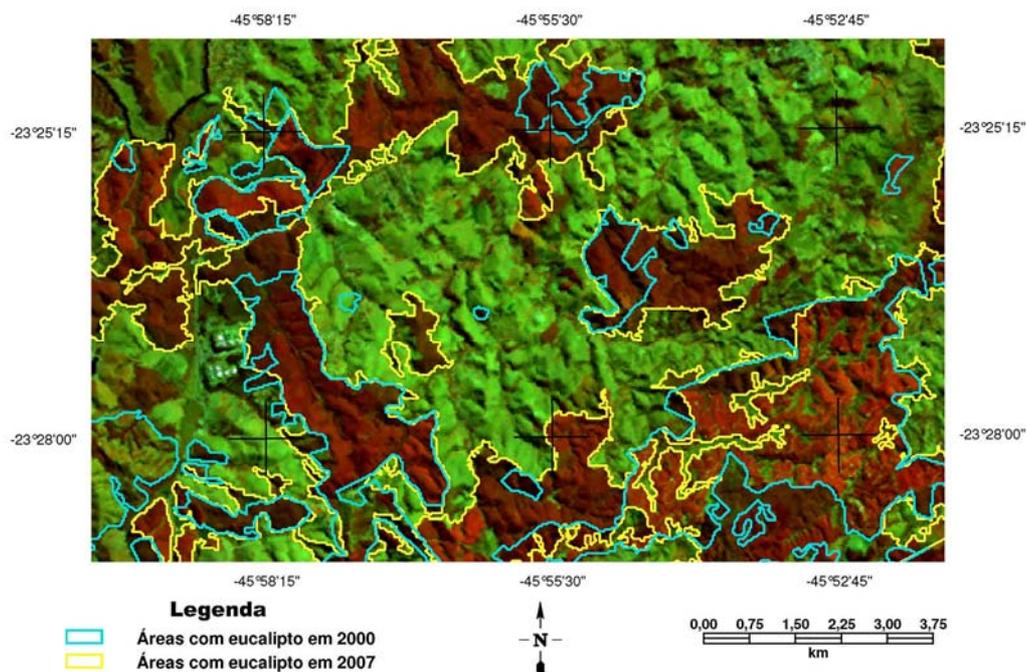
Inicialmente, foi realizado o georreferenciamento e o registro das imagens, seguindo os padrões utilizados para as imagens 2001. Em seguida, foi realizada a classificação digital utilizando o algoritmo de segmentação das imagens no SPRING. Nesse procedimento, os pixels radiometricamente similares são 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. Estes limiares foram definidos mediante a elaboração de diversos 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 e a edição matricial das áreas de reflorestamento visualmente interpretadas.

Concluída a segmentação, as imagens foram classificadas por meio de um algoritmo não supervisionado “ISOSEG” (Shimabukuro et al., 1998), 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 indicou a necessidade de “edição matricial”, utilizando ferramentas do SPRING para corrigir os eventuais erros identificados na classificação das imagens.

Nessa etapa, a interpretação visual dos plantios nas imagens 2007 foi auxiliada pela análise do novo banco de dados gerado a partir das imagens 2001 e os dados do banco de dados do 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, que resultou na visualização das formações florestais em tons avermelhados.

Os polígonos de reflorestamento com eucalipto classificados pela nova base de dados (Mapa 2001) obtida pela fusão dos dados do IF datados de 1999-2000 (Kronka, 2002) e os dados atualizados pelas imagens 2001, foram circundados por linhas de cor azul turquesa. Para os novos polígonos mapeados com base nas imagens 2007 correspondentes aos novos plantios foram circundados por linhas de cor amarela (Figura 2).



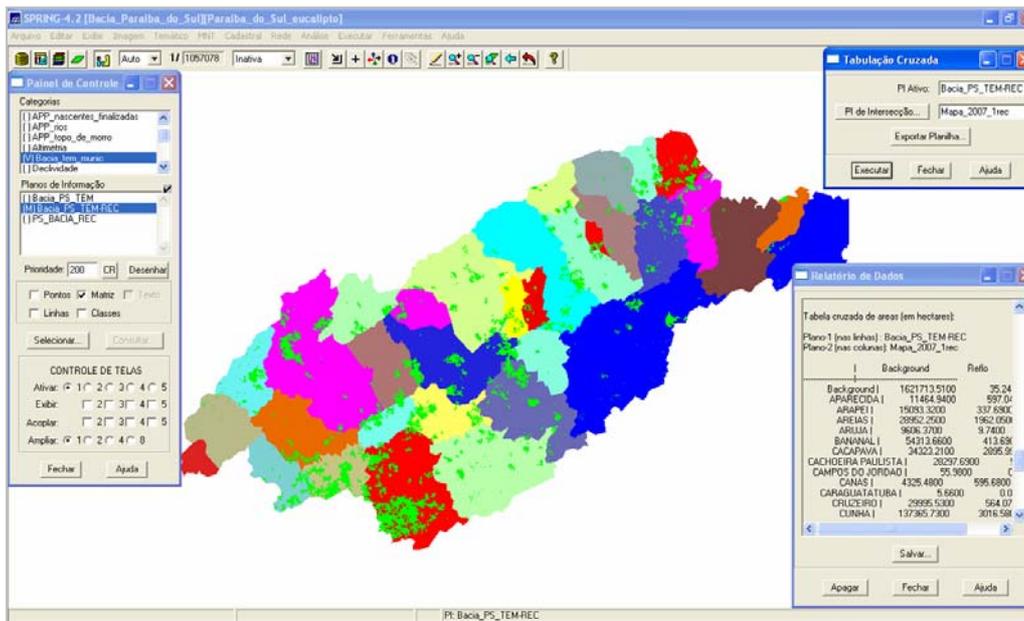
**Figura 2.** Parte da área de estudo correspondendo ao município de Jambeiro na composição colorida (bandas 3, 4, e 5 associadas com as cores: azul, vermelho e verde, respectivamente, na imagem TM/Landsat-5 órbita/ponto 219/76 adquirida em 16/08/2007). Os polígonos circundados pela linha azul correspondem às áreas de eucalipto classificados para o ano de 2001 e os polígonos circundados pela linha amarela, correspondem às áreas de eucalipto em 2007, mapeadas nesse trabalho.

### 2.2.3. 3ª – Fase - Cruzamento do mapa das áreas plantadas com eucalipto com o mapa da malha municipal

Nessa fase, foi realizado o cruzamento (sobreposição) de dois planos de informação (PI): um que continha as áreas plantadas com eucalipto e outro os limites municipais para ambos os anos de referência analisados (2001 e 2007).

Os dados digitais em formato vetorial das áreas de plantio com eucalipto em 2001 e 2007 foram convertidos para o formato matricial, cuja resolução foi definida em 10 m x 10 m, pois, a matriz gerada a partir desses dados seria utilizada para cruzamento de dados com as Áreas de Preservação Permanente, que foram previamente definidas a partir de um banco de dados, que continha um plano de informação com essa resolução (10 m).

Posteriormente, foram cruzadas as informações de dois PI, um PI contendo o mapa de reflorestamento 2007 e outro contendo os limites municipais, utilizando a função “Tabulação Cruzada” do SPRING, tendo como resultado um relatório com a estimativa da área plantada com eucalipto em 2007 para cada município da área de estudo (Figura 3).



**Figura 3.** 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, no trecho paulista da bacia.

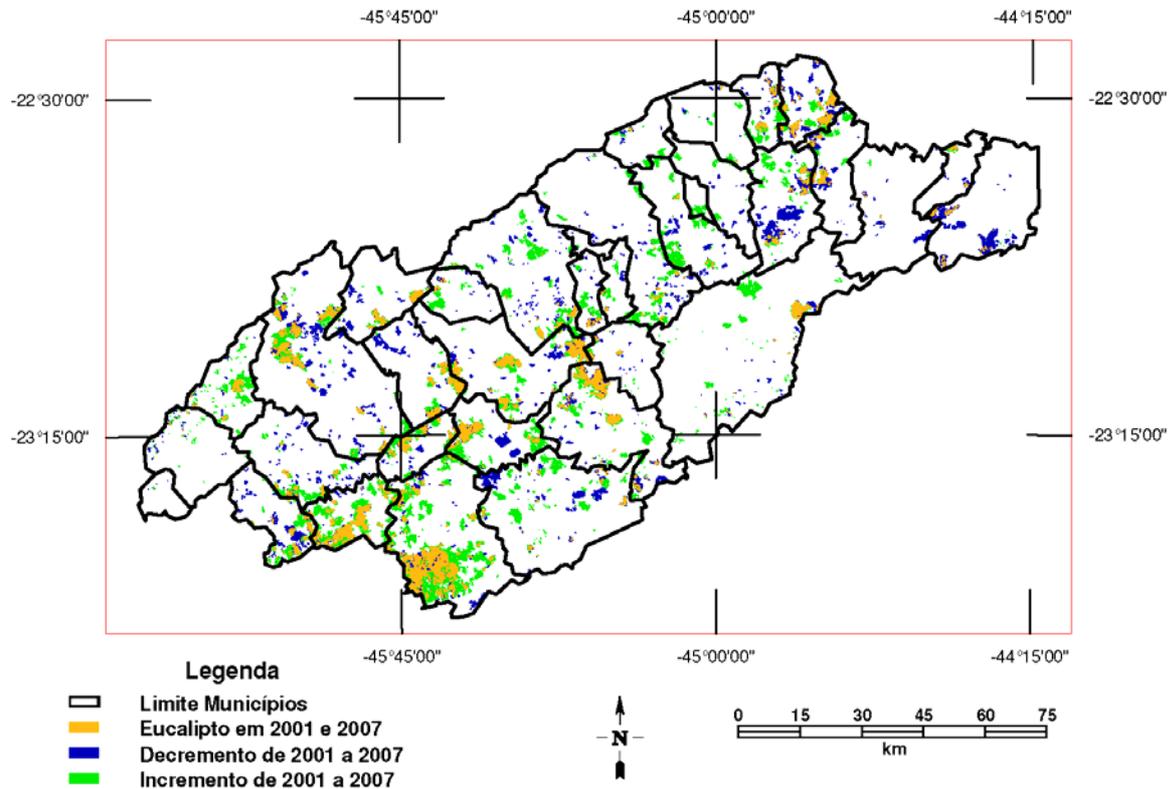
De forma similar, todos os dados de plantio de eucalipto em 2001 oriundos dos dados do Instituto Florestal de São Paulo e das imagens 2001, também foram cruzados com o PI contendo a malha municipal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise das áreas de ocorrência de eucalipto em 2001 e 2007

Na 2ª Fase que envolveu o mapeamento das áreas de eucalipto em 2007 foram analisadas as áreas dos plantios de todos os municípios estudados. Os resultados dessa análise referente ao ano de 2007 foram comparados aos dados de 2001, derivados da base digital, do projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo (Kronka, 2002) disponibilizada pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo e as imagens TM/Landsat-5 datadas de 2001.

Os resultados originaram um mapa com as áreas reflorestadas em 2001 e 2007, o incremento dessas áreas nas datas em questão e o decremento do mesmo (Figura 4).



**Figura 4.** Mapa das áreas de eucalipto em 2001 e 2007 (polígonos amarelos), o incremento de 2001 para 2007 (polígonos verdes) e o decréscimo das datas em questão (polígonos azuis) no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul.

Esses resultados, também foram descritos em uma tabela demonstrando os valores numéricos para as áreas reflorestadas em ambas as datas por município (Tabela 1).

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 5).

A análise comparativa entre os dados de 2001 e 2007 demonstrou crescimento significativo das áreas plantadas 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, 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), as áreas de incremento absoluto são significativamente maiores.

Verificou-se também uma redução expressiva no reflorestamento com eucalipto em alguns municípios entre 2001 e 2007. Nos municípios de São José do Barreiro que possui extensão territorial de 57.063 ha, houve uma redução de 91,1% e de Bananal, com extensão territorial de 61.632 ha, a redução foi de 88,4%. Em 2007, o município com a menor área plantada com eucalipto foi Potim com 54 ha.

Essa pesquisa, também revelou que em 2007, 7,1% (equivalente a 100.742 ha) da bacia hidrográfica Paraíba do Sul, cuja extensão territorial foi estimada em 1.418.964 ha estava ocupada por reflorestamento com eucalipto.

Em relação a 2001, a proporção do cultivo da espécie na região aumentou em 32,2% (Figura 6), intensificada pelas ofertas de garantia de compra da produção pelas empresas de papel e celulose que se tornaram atrativas para os proprietários da região.

**Tabela 1.** Comparação das áreas de reflorestamento com eucalipto estimadas em 2001 e 2007.

Municípios <sup>1</sup>	Área territorial do município (ha) <sup>2</sup>	Áreas (ha) de Reflorestamento em 2007 <sup>3</sup> A	% Reflorestamento em 2007 <sup>3</sup>	Áreas (ha) de Reflorestamento em 2001 <sup>4</sup> B	Diferença (%) de 2007 e 2001 [(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>

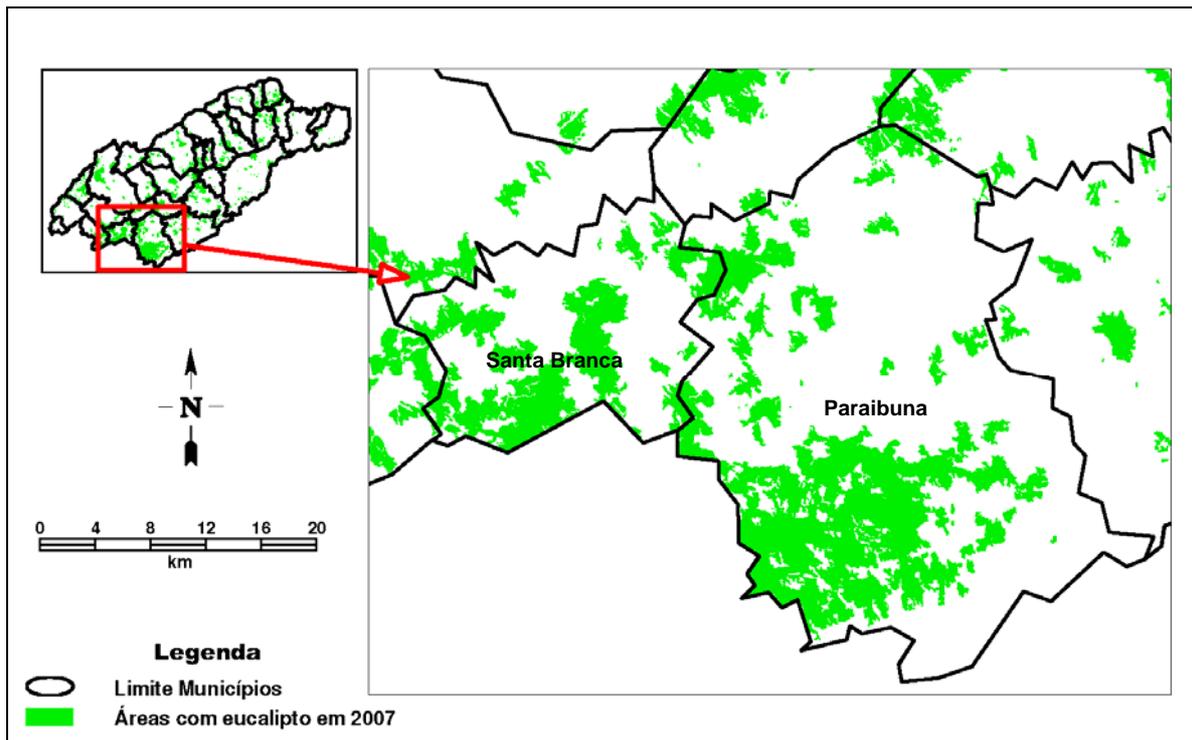
<sup>1</sup> Em ordem decrescente de ocorrência de reflorestamento em 2007.

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

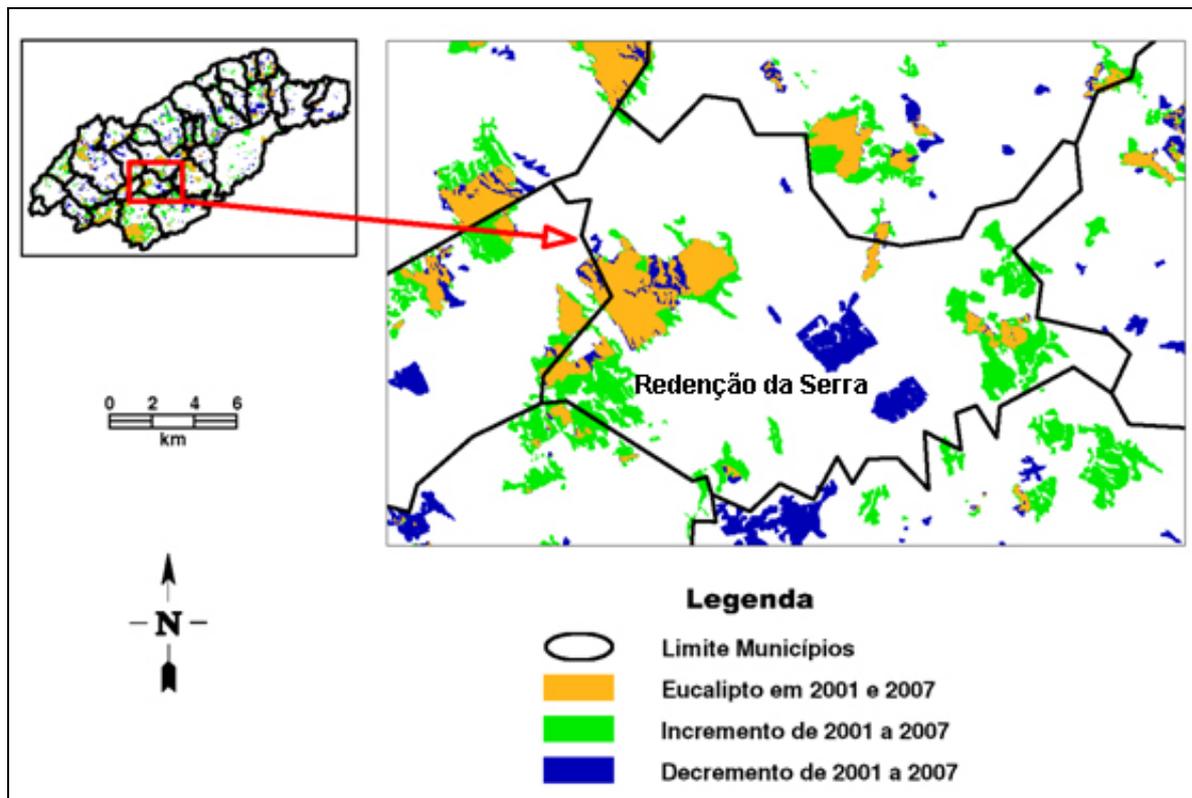
<sup>3</sup> Esse trabalho.

<sup>4</sup> Esse trabalho com base em Kronka (2002).

Com o objetivo de se verificar a consistência dos dados obtidos na estimativa das áreas reflorestadas no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul em 2007, foram pesquisados outros dados que pudessem comprovar os valores numéricos obtidos por essa pesquisa. Assim, foi realizada uma comparação dos dados 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, cujas áreas de reflorestamento foram identificadas por Unidades de Produção Agropecuária localizadas no estado (São Paulo, 2008) (Tabela 2).



**Figura 5.** Os municípios de Paraibuna (20.283 ha) e Santa Branca (8.603 ha) apresentaram as maiores áreas de ocorrência de eucalipto em 2007.



**Figura 6.** Exemplo da expansão do reflorestamento com eucalipto no município de Redenção da Serra (polígono verde identificando o incremento de 2001 para 2007).

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

<b>Municípios<sup>1</sup></b>	<b>Reflorestamento 2007 (ha) A</b>	<b>Reflorestamento 2007 (ha) LUPA<sup>2</sup> B</b>	<b>Diferença (A-B)/B*100</b>
Paraibuna	20283	7071	186,9
Santa Branca	8603	4706	82,8
São José dos Campos	7237	13581	-46,7
Taubaté	6011	6367	-5,6
São Luiz do Paraitinga	5482	7836	-30,0
Redenção da Serra	4365	3506	24,5
Pindamonhangaba	4112	3257	26,3
Natividade da Serra	3726	5007	-25,6
Jambeiro	3097	3073	0,8
Queluz	3055	4519	-32,4
Guaratinguetá	3047	3871	-21,3
Cunha	3017	3917	-23,0
Lorena	3014	3133	-3,8
Guararema	2961	3310	-10,5
Caçapava	2896	2761	4,9
Igaratá	2630	2950	-10,9
Silveiras	2417	4364	-44,6
Jacareí	2350	1837	27,9
Areias	1962	2642	-25,7
Lavrinhas	1841	1157	59,2
Monteiro Lobato	1725	3377	-48,9
Tremembé	1037	742	39,8
Roseira	976	1325	-26,3
Piquete	772	569	35,7
Lagoinha	657	681	-3,5
Aparecida	597	281	112,7
Canas	596	217	174,9
Cruzeiro	564	434	30,0
Cachoeira Paulista	513	1128	-54,5
Bananal	414	1844	-77,5
Arapeí	338	629	-46,2
Santa Isabel	271	1547	-82,5
São José do Barreiro	73	245	-70,1
Potim	54	245	-77,9
<b>Total</b>	<b>100742</b>	<b>102124</b>	<b>-1,4</b>

<sup>1</sup> Municípios em ordem decrescente de ocorrência de eucalipto em 2007.

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

A análise comparativa referente aos índices do reflorestamento com eucalipto em 2007 e o projeto LUPA mostrou diferenças grandes nos resultados de alguns municípios, tais como: Paraibuna (186,9%) e Canas (174,9%). Essa diferença está relacionada às diferentes metodologias de estimativa das áreas nos trabalhos analisados, pois, os dados de reflorestamento calculados por essa pesquisa, utilizaram como base em sua metodologia, a extensão territorial dos municípios analisados. Enquanto que dados do projeto LUPA refletem as áreas de eucalipto, estimadas de forma subjetiva, por questionário de campo, em entrevista com o produtor rural, referente à Unidade de Produção Agropecuária (UPA). As áreas para os

municípios são agregadas somando o conjunto de UPA dentro do município. Entretanto, uma UPA pode estar em mais de um município e nesse caso, toda a área de ocorrência daquela UPA será contabilizada para o município que contiver a sede daquela UPA. Portanto, a comparação ao nível de município é sujeita a grandes diferenças. Dessa forma, o resultado integrado, envolvendo todos os 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.

#### 4. CONCLUSÕES

Sobre a estimativa das áreas de reflorestamento em 2007, foi observado que a maioria dos municípios da bacia sofreu uma expansão dos cultivos de eucalipto comparado às estimativas para o ano de 2001.

Os resultados indicaram a existência de 100.742 ha, em 2007 de áreas plantadas com eucalipto, o que equivale a 7,1% da área total do trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul de 1.418.964 ha. Em 2001 foram estimados 76.200 ha plantados, portanto, observou-se um acréscimo de 32,2% nas áreas com o cultivo dessa espécie para 2007.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Florestal de São Paulo (IF) por disponibilizar a base de dados contendo a distribuição espacial das áreas ocupadas por reflorestamentos de essências exóticas e remanescentes da mata nativa para o ano 1999-2000.

Agradecimentos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais por disponibilizar as imagens TM/Landsat-5, órbita/ponto 219/76 adquiridas em 15/08/2001 e 16/08/2007 e, órbita/ponto 218/76 adquirida em 09/09/2001 e 25/08/2007.

#### 6. REFERÊNCIAS

- ARGUELLO, 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.
- 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 - SBSR, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6423-6430. On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.16.08/doc/6423-6430.pdf>>. Acesso: 13 dez. 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**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL - CEIVAP. **Dados geoambientais**. 2001. Disponível em: <[http://ceivap.org.br/bacia\\_1\\_2.php](http://ceivap.org.br/bacia_1_2.php)>. Acesso: 22 de set. 2010.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL - CEIVAP. **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: 12 dez. 2009.

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 – SBSR, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5191-5198. 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). **Folha Online**, São Paulo, 10 mar. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u380546.shtml>>. Acesso: 13 dez. 2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica; período 1995-2000**: relatório final. São José dos Campos: INPE, 2002. 47p. Deposited in the URLib collection 11 mapas. (INPE-9694-PRP/238). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.07.45>>. Acesso: 16 set. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Superintendência de Cartografia. **Carta do Brasil**. -Escala 1:50.000. Proj. Universal Transversa de Mercator. 2009. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 nov. de 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Superintendência de Cartografia. **Área territorial oficial**: -consulta por município. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.shtm/>>. Acesso: 29 set. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Mapa com limites municipais do Estado de São Paulo**. 2008. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/mapas.html>>. Acesso: 29 set. 2010.

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 - SBSR, 8, 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 215-218. ISBN 85-17-00014-5. (INPE-6187-PRE/2276). Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30/doc/T143.pdf>>. Acesso: 13 dez. 2010.

RAMOS, J. G. A.; DIAS, H. C. T. **Escoamento superficial de água de chuva no cultivo do eucalipto**. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: o eucalipto e o Ciclo Hidrológico, 1., 2007. Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007. p. 363-365. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/121>>. Acesso: 26 jun. 2010.

ARGUELLO, F. V. P.; BATISTA, G. T.; PONZONI, F. J.; DIAS, N. W. Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 133-146, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.158)

---

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** [online], v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005. ISSN 0100-6762. 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. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: o eucalipto e o Ciclo Hidrológico, 1, 2007, Taubaté **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007. p. 67-73. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/83>>. Acesso: 26 jun. 2010.

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: 13 set. 2010.

SÃO PAULO (Estado). 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/cgibin/Carrega.exe?arq=/acervoepesquisa/perh/perh2204\\_207/perh20042007.htm](http://www.dae.sp.gov.br/cgibin/Carrega.exe?arq=/acervoepesquisa/perh/perh2204_207/perh20042007.htm)>. Acesso: 22 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 : 28 fev. 2010.

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

SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C. E.; DUARTE, V. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper images of the Amazon Region. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 3, p. 535-541, 1998.

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: 08 fev. 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). In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o Ciclo Hidrológico, 1., 2007, Taubaté **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007. p. 367-369. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/122>>. Acesso: 9 dez. 2010.