

## **Análise da expansão do eucalipto no município de São Luis do Paraitinga, SP, Brasil**

Roberta Zecchini Cantinho <sup>1</sup>  
Moisés Pereira Galvão Salgado <sup>1</sup>  
Getulio Teixeira Batista <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{cantinho, salgado}@dsr.inpe.br

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP,  
Brasil  
getulio@agro.unitau.br

**Abstract.** The Paraíba do Sul basin has been used for agricultural activities for more than four hundred years. Recently, reforestation companies are increasing *Eucalyptus* plantations in this region primarily for cellulose production. However, the processes of modern monoculture, especially as practiced with the cultivation of *Eucalyptus*, have led to questions about environmental and socioeconomic issues. In the municipality of São Luis do Paraitinga, São Paulo, these concerns resulted in a Public Action that banned planting until environmental studies are pursued. The methodology of this study involved the mapping of *Eucalyptus* for the years 2008 and 2010 based on the analysis of TM Landsat 5 imagery, using image enhancement and segmentation techniques. Estimating the cultivation of *Eucalyptus* in both years allowed verifying that *Eucalyptus* plantation increased from 2008 to 2010, therefore, since the Public Action was implemented. Preliminary results showed that approximately 8% of the total area of the municipality is currently occupied by *Eucalyptus* plantations.

**Palavras-chave:** segmentation, reforestation, classification, image processing, segmentação, reflorestamento, classificação, processamento de imagens.

### **1. Introdução**

A industrialização, a urbanização e a expansão da produção agrícola e pecuária ocorridas na região do Vale do Paraíba desencadearam intensa ocupação e transformação da paisagem. Mais recentemente, dentre as atividades de maior potencial de impacto sobre os recursos naturais da Bacia do Paraíba do Sul, destaca-se a agroindústria de celulose e papel, cuja principal interferência com a região está vinculada aos plantios de eucalipto (Sato, Avelar e Netto, 2007).

Frente ao potencial produtivo associado ao Vale do Paraíba em termos geológicos e hidrológicos, grandes empresas de reflorestamento vêm expandindo seus plantios na região. A grande mídia empresarial sedimenta na consciência nacional aspectos positivos na tríade monocultura-agronegócio-biotecnologia. No entanto, os processos de monocultura modernos, especialmente ligados à agroindústria, como é o caso do cultivo de eucalipto, têm levantado questões relacionadas a impactos ambientais e sociais (De la Torre, 2008; Lima, 1996).

Na avaliação do antropólogo André Luiz da Silva, da Universidade de Taubaté (UNITAU), citada por Barros (2009), as empresas responsáveis pela expansão em larga escala do eucalipto são as principais causadoras de desastres ambientais e sociais motivadores de êxodos rurais e espoliações de terras indígenas, além da aniquilação dos modos tradicionais de produção rural, como a agricultura familiar. De la Torre (2008) acrescenta que, como a implantação dos plantios geralmente é realizada por funcionários de empresas sublocadas, a taxa de geração de emprego é baixíssima na região.

Outro aspecto bastante polêmico deve-se fato da silvicultura demandar grandes áreas para o plantio e grande consumo hidrológico, outrora destinado para reserva florestal ou para produção de alimentos. Neste contexto, existem várias controvérsias no que se diz respeito à reposição de matéria orgânica e micronutrientes no solo, suas consequências na umidade do mesmo e nos processos erosivos, além de muitos ambientalistas associarem a prática à

inexistência de vida diversificada, intercâmbio biológico e cadeia alimentar (Lima, 1996; Barros, 2009; Scolforo, 2008). Além disso, nas áreas disponibilizadas pelos chamados “fomentados”, que recebem adiantamento em dinheiro e assistência técnica para cultivar mudas fornecidas pelas companhias florestais, os plantios são, algumas vezes, realizados sem respeitar a legislação vigente e são implantados até mesmo em áreas de preservação permanente (APP). Cabe salientar que as APP são determinadas pela Resolução n° 303, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 13 de maio de 2002 da Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal) como áreas ao longo de cursos ou corpos d’água (artificiais ou naturais), ao redor de nascentes, no topo dos morros, em montanhas e serras em altitudes superiores a 1.800 metros, nas encostas com mais de 45 graus de declividade, em bordas de tabuleiros e chapadas, e nas restingas (Brasil, 1965). Ao violar a lei, além de impossibilitar que estas áreas cumpram seu papel de corredores ecológicos, de núcleos de dispersão e de prevenção a processos erosivos, cheias repentinas e colmatagem acelerada dos rios (Metzger, 2003; Rodrigues et al., 2009), os investidores intoxicam cursos d’água e provocam a morte de incontáveis espécies de fauna local (De la Torre, 2008). De fato, de acordo com Barros (2009), em São Luis do Paraitinga, SP, foram registrados casos de intoxicação humana devido à falha operacional na aplicação de herbicidas.

Particularmente no município de São Luis do Paraitinga, os problemas com a expansão do eucalipto foram tantos que foi necessária a criação de instrumentos legais que minimizassem seus impactos. O movimento intenso de carretas carregadas de madeira fez com que a circulação de caminhões tivesse sua circulação limitada em determinadas áreas por uma lei municipal e, a pedido dos movimentos populares de defesa dos direitos dos pequenos agricultores de São Luis do Paraitinga, a Defensoria Pública Regional de Taubaté, SP, ajuizou uma Ação Pública (instrumento n° 759.170-5/3-00 TJSP, de 28 de março de 2008) que determinava que todo e qualquer plantio de eucalipto na região fosse suspenso até a feitura de Estudos de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto do Meio Ambiente (EIA/RIMA), devidamente guarnecidos com audiências públicas junto às populações locais (De la Torre, 2008).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo, a partir de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens, verificar a situação da cultura do eucalipto no município de São Luis do Paraitinga em 2008, ano em que a ação foi implementada, e em 2010, com o fim de verificar se houve incremento na área plantada.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de Estudo**

O município de São Luís do Paraitinga (Figura 1) localiza-se no estado de São Paulo, no Médio Vale do Paraíba do Sul a uma latitude de 23°13’18’’ Sul e uma longitude 45°18’36’’ Oeste. Encontra-se na região que compreende o chamado Cone Leste Paulista, o qual representa o berço da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. A Bacia do rio Paraíba do Sul está entre as mais importantes do país, por abranger uma das regiões brasileiras de maior desenvolvimento e demografia. O município ocupa uma área de aproximadamente 621.4 Km<sup>2</sup> e encontra-se a uma altitude média de 741 metros. Do ponto de vista geomorfológico, integra o Planalto Atlântico, sendo uma depressão de origem tectônica com declividade variável. A fitofisionomia predominante nesta região é considerada de transição entre a floresta ombrófila densa (da encosta) e estacional semidecidual (do interior), com alguma influência da floresta ombrófila mista (CEIVAP, 2009; IBGE, 2010).

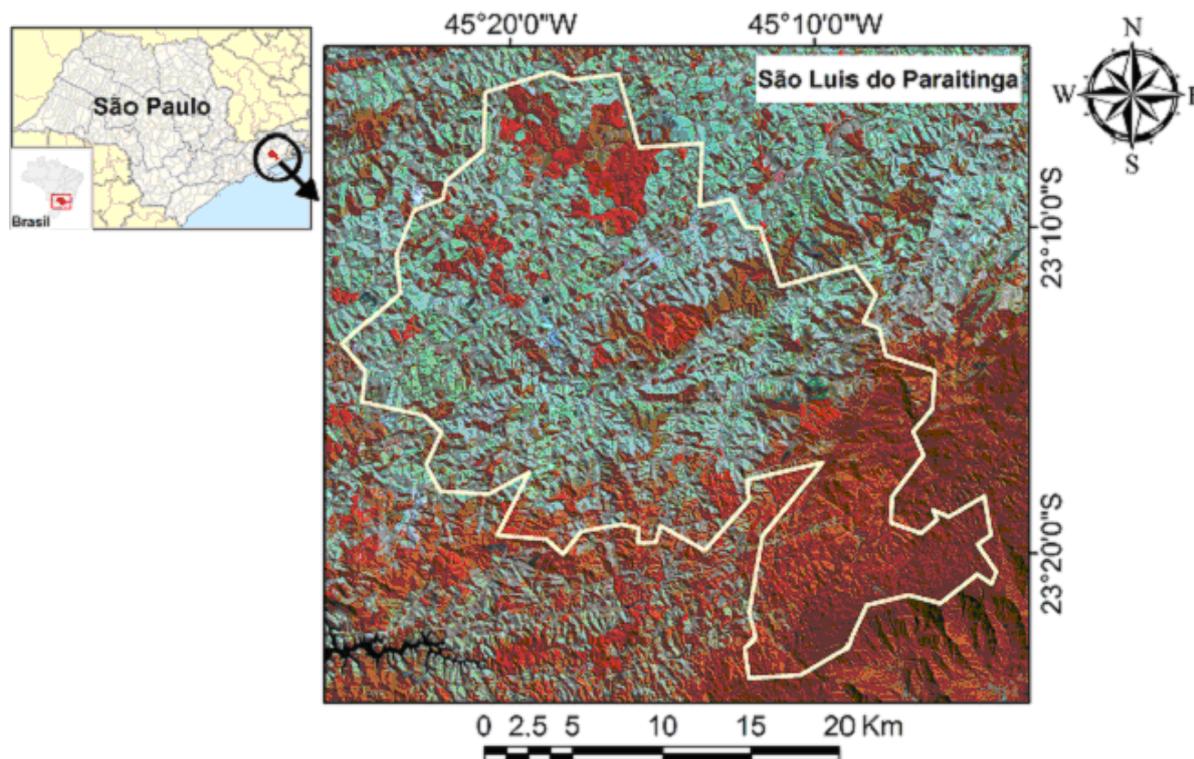


Figura 1. Representação da área de estudo por meio de composição colorida das bandas 3 (azul), 4 (vermelho) e 5 (verde) de imagem TM/Landsat de setembro de 2010.

## 2.2 Material

A imagem órbita/ponto 218/076 do sensor TM/Landsat5 de 31 de Julho de 2004, adquirida na base de dados *Global Land Cover Facility: Earth Science Data Interface – GLFC* (<<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>), foi utilizada para o registro das imagens TM/Landsat 5 de 2008 e 2010. As imagens TM/Landsat 5, de 12 de setembro de 2008 e 02 de setembro de 2010, foram obtidas no catálogo de imagens disponível na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). O registro das imagens foi realizado mediante o uso do aplicativo REGEEMY (Fedorov, 2002). Imagens *GeoEye* de alta resolução espacial obtidas em 18 de abril de 2010, visualizadas por meio do aplicativo *Google Earth* (Google, 2010), foram utilizadas para auxiliar na interpretação das imagens TM/Landsat 5.

## 2.3 Métodos

O registro das imagens TM/Landsat5 foi realizado com base em aproximadamente 200 pontos de controle utilizando-se polinômio de grau 1 e método de interpolação por vizinho mais próximo. O erro médio alcançado para o registro das imagens foi inferior a 0,5 pixel. As imagens registradas foram importadas e organizadas em um banco de dados geográficos utilizando o aplicativo SPRING 4.3.3. (Câmara et al., 1996), projeção UTM e datum SAD69.

Primeiramente, as imagens foram manipuladas a fim de facilitar a identificação das áreas cobertas pela cultura do eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga. Para isto, as imagens foram realçadas e recortadas utilizando uma máscara retangular abrangendo a área de estudo. As imagens foram segmentadas utilizando o método de segmentação por crescimento de regiões. Este processo une em áreas contínuas os pixels radiometricamente similares (Nascimento e Almeida Filho, 1996), sendo que, para isso, foram definidos limiares de similaridade igual a 9 e de área igual a 25, que definem quando duas regiões são consideradas espectralmente similares. Os segmentos das imagens rotuladas obtidas neste processo foram

convertidos para um plano de informação temático, para que então, os polígonos referentes aos plantios de eucalipto fossem classificados manualmente para as duas datas avaliadas. A interpretação visual das imagens TM/Landsat 5 foi realizada utilizando a composição colorida (falsa cor) das bandas 3 (azul), 4 (vermelho) e 5 (verde), selecionada por ser a composição que melhor destacou a cultura do eucalipto, conforme ilustrado na Figura 2c. A quantificação das áreas classificadas como cultivo de eucalipto foi realizada para as imagens TM/Landsta 5 de 2008 e 2010.

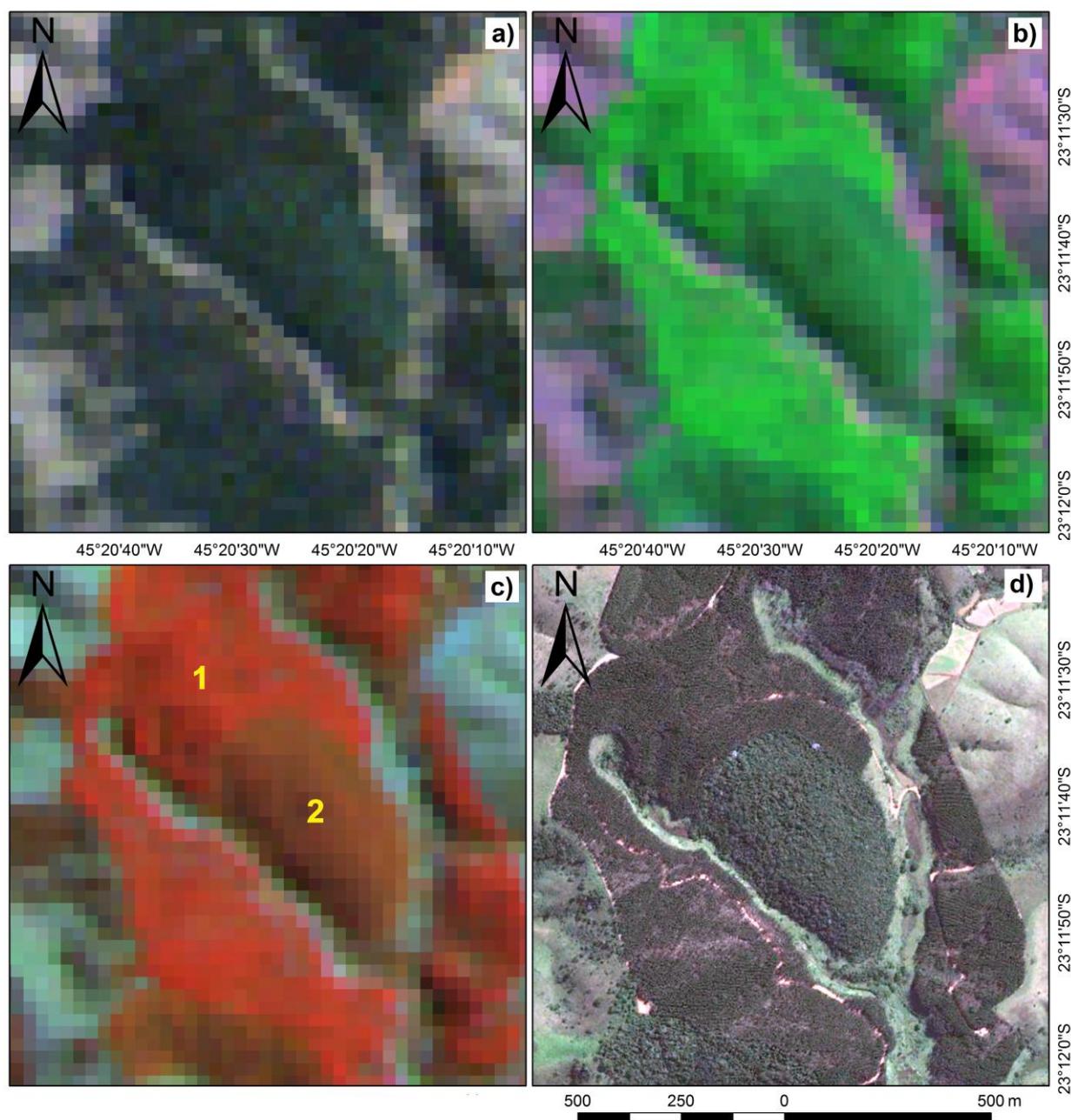


Figura 2. Representação de área cultivada com eucalipto (1) e fragmento florestal (2) por meio de composições coloridas TM/Landsat 5 3R-2G-1B (a), 5R-4G-3B (b) e 4R-5G-3B (c) e imagem *GeoEye* do *Google Earth* (d).

### 3. Resultados e Discussão

A identificação das áreas cultivadas com eucalipto em imagens de média resolução exige muita experiência por parte do intérprete. A semelhança espectral entre os plantios e os remanescentes florestais pode levar à classificação errônea das áreas, sendo que as regiões onde os plantios se encontravam mesclados com áreas de mata foram as que mais dificultaram a interpretação. Desta forma, a utilização de imagens *Geo Eye* do *Google Earth*, de alta resolução espacial auxiliou a diferenciação destas áreas.

Os parâmetros utilizados no processo de segmentação foram bem estabelecidos e os polígonos gerados puderam limitar adequadamente os cultivos, conforme apresentado na Figura 3.

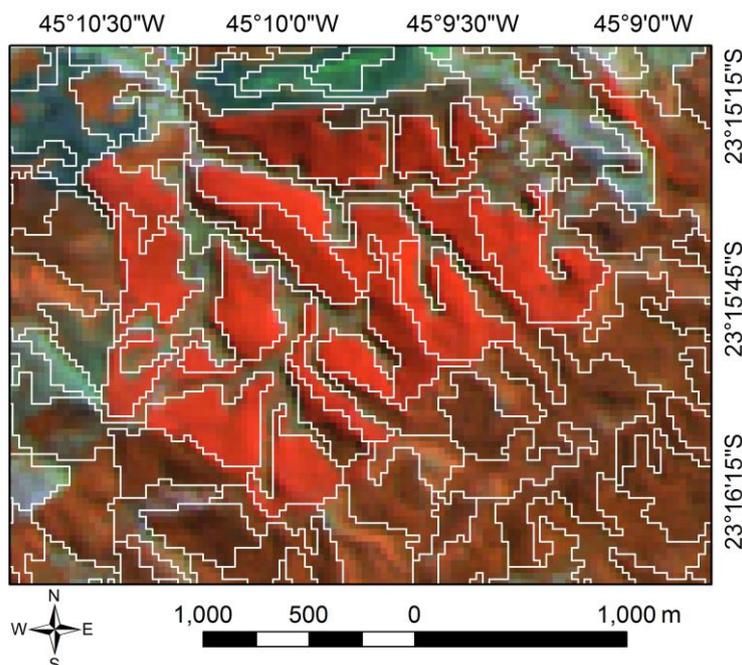


Figura 3. Representação de polígonos contendo áreas de cultivo de eucalipto (vermelho), vegetação natural (marrom) e pastagem (azul), utilizando imagem TM/Landsat 5 na composição R(4)G(5)B(3).

O mapeamento dos plantios de eucalipto obtido neste trabalho para as duas diferentes datas mostrou que a implantação da Ação Civil ainda não provocou mudanças significativas com relação à quantidade de área plantada nos limites do município, já que, de acordo com a interpretação realizada, foram identificados 4.626 hectares de área cultivada com eucalipto em 2008 contra 4.972 hectares plantados em 2010 (Figuras 4 e 5).

Em 2008, notou-se uma ocupação de 7,44% do território por plantio de eucaliptos. Já em 2010, essa porcentagem alcançou 8% da área total do município. Desta maneira, é importante destacar que, como citado por De la Torre (2008), os índices máximos tolerados pelos parâmetros de zoneamento agroflorestal traçados por normas da Organização Mundial da Saúde (OMS) e por estudiosos no assunto é de ocupação de 5% dos territórios agriculturáveis em cada município, sob pena de inviabilizar-se a concretização do desenvolvimento sustentável e assegurar-se a preservação dos recursos naturais e áreas destinadas ao cultivo de alimentos. Acrescenta-se que Arguello (2010) analisou a situação dos reflorestamentos do município que se encontravam dentro de APP (Tabela 1), mostrando que muitos dos plantios foram estabelecidos sem respeitar a legislação vigente e comprometendo os recursos naturais da região. Estes dados remetem a importância do controle na expansão da cultura de eucalipto no município e justifica a proposição da Ação Civil.

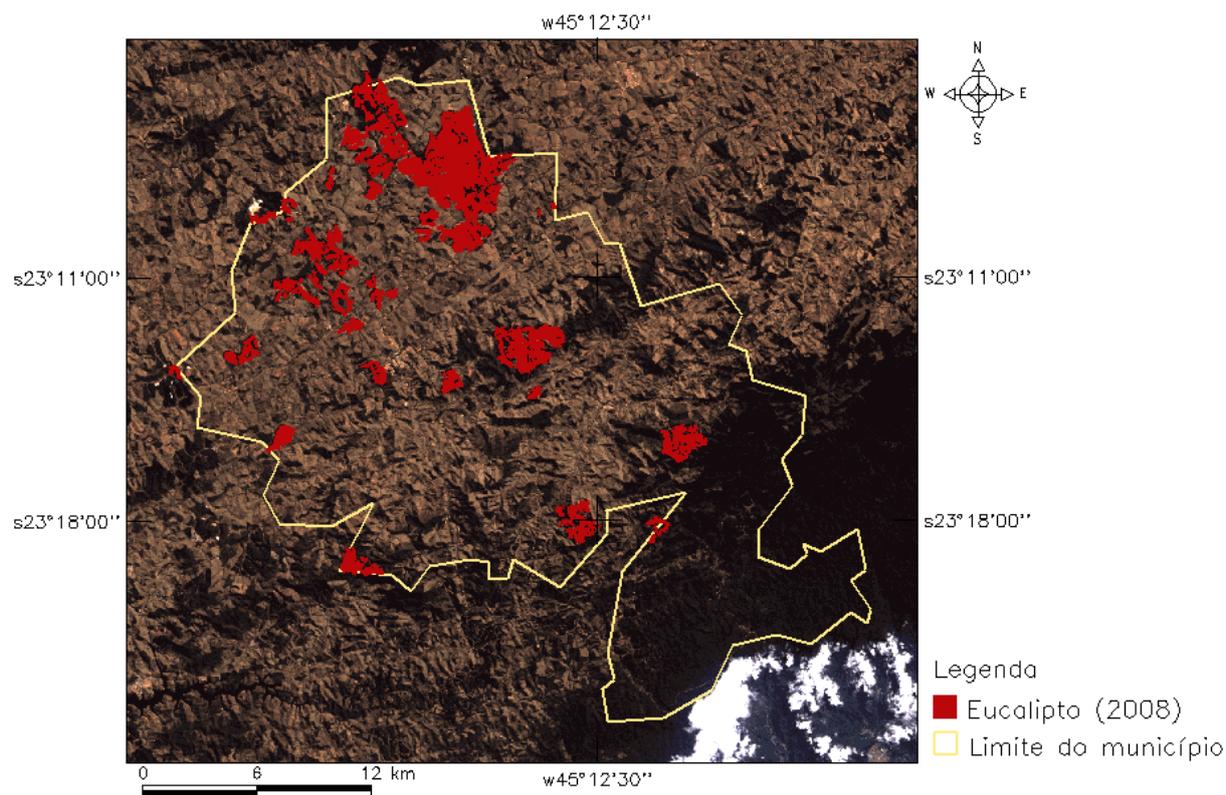


Figura 4. Composição colorida R(3)G(2)B(1) da imagem TM/Landsat com o mapeamento dos plantios de eucalipto do ano de 2008 no município de São Luis do Paraitinga, SP.

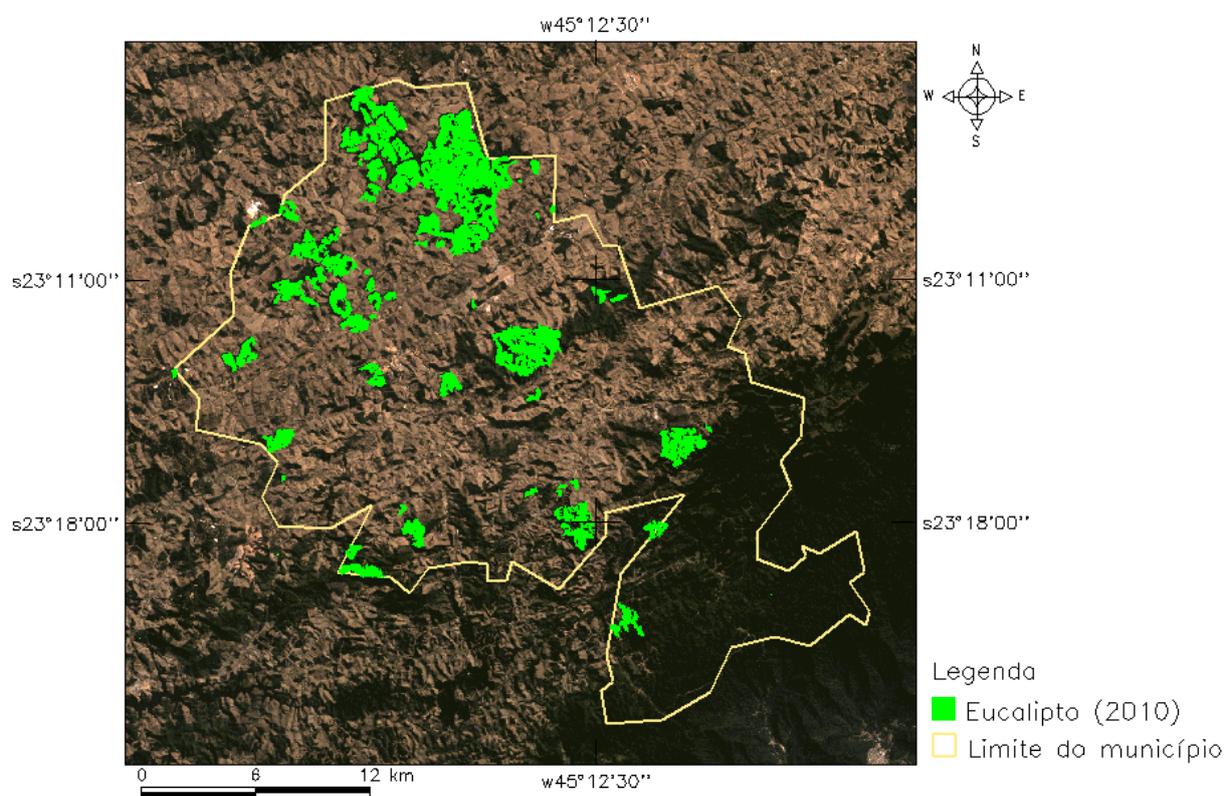


Figura 5. Composição colorida R(3)G(2)B(1) da imagem TM/Landsat com o mapeamento dos plantios de eucalipto do ano de 2010 no município de São Luis do Paraitinga, SP.

Tabela 1. Reflorestamento de eucalipto em APP no município de São Luís do Paraitinga.  
 FONTE: modificado de Arguello (2010).

	Reflorestamento em 2000 (ha)	Reflorestamento em 2007 (ha)
APP de declividade	18	87
APP de nascentes	124	143
APP margens de rios	743	836

Arguello (2010) identificou 5.065 hectares de área reflorestada no município de São Luis do Paraitinga no ano de 2000 e 5.482 hectares de eucalipto em 2007. A diferença entre as áreas quantificadas pela autora para o ano de 2007 e os resultados obtidos neste trabalho para o ano de 2008 pode ser ocasionada pela escala de trabalho ou pela aplicação de diferentes parâmetros de segmentação, o que comprova a dificuldade e subjetividade do processo de identificação das áreas cultivadas com eucalipto.

Os plantios identificados na imagem de 2010 podem estar acompanhados dos seus respectivos EIA/RIMA, porém, caso a expansão do cultivo continue ocorrendo de forma intensa, é preciso que a fiscalização da região seja mais rigorosa. De qualquer maneira, a liminar proposta representa um paradigma positivo ao colocar em debate novos critérios de sustentabilidade no estado de São Paulo, como a realização de estudos de impacto ambiental.

#### 4. Conclusões

O processamento digital das imagens utilizado neste trabalho facilitou a identificação e separação dos talhões de eucalipto dos demais usos da terra.

Frente aos problemas ocasionados pelos reflorestamentos no município, a implementação da Ação Pública foi realmente importante para minimizar as preocupações da população de São Luis do Paraitinga. No entanto, a identificação dos plantios de eucalipto mostrou que houve um incremento na área plantada de 2008 para 2010, o que deve servir de alerta para que seja feita a verificação da situação dos EIA/RIMA destes plantios.

#### Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos à amiga e colega Fernanda Viana Paiva Arguello pela disponibilidade dos dados.

#### Referências Bibliográficas

- Arguello, F. V. P. Expansão do eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul. 2010. 79 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Taubaté. 2010.
- Barros, C. J. Plantam eucalipto, colhem discórdia. **Revista Problemas Brasileiros**. n. 393, mai/jun 2009. Disponível em: <[http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas\\_sesc/pb/](http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas_sesc/pb/)>. Acesso em: 12.jul.2010.
- 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: 09.jul.2010.
- 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: 09.jul.2010.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

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: 09.jul.2010.

De la Torre, W. G. **Eucalipto: o verde enganador – Reflexões sobre o avanço irrefreado da monocultura do eucalipto e os imensuráveis ambientais e sociais dele defluentes**. Disponível em: <[http://www.socialismo.org.br/portal/images/stories/documentos/o\\_verde\\_enganador.pdf](http://www.socialismo.org.br/portal/images/stories/documentos/o_verde_enganador.pdf)>. Acesso em: 12.jul.2010.

Fedorov, D. **Sistema semi-automático de registro e mosaico de imagens**. 2002. 155 p. (INPE-9582-TDI/838). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/07.18.10.21>>. Acesso em: 18 nov. 2010.

Google. **Google Earth**. 5.2. Mountain View, CA: Google Inc. 2010.

IBGE. Banco de Dados Agregados. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 abr., 2010.

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

Metzer, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: Junior, L. C.; Pádua, C. V.; Rudran, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba, PR. Ed. da UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 667 p., 2003.

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: 24.jul.2010.

Ribeiro, C. A. A. S.; Soares, V. P.; Oliveira, A. M. S.; Gleriani, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista 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.jul.2010

Rodrigues, R.R; Brancalion, P.H.S; Isernhagen, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009, 256p.

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.