

Análise da distribuição espacial das áreas de eucalipto no Cone Leste Paulista

Fernanda Viana Paiva Argüello¹
Getulio Teixeira Batista¹
Flávio Jorge Ponzoni²

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU)
Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000- 12080-010 - Taubaté - SP, Brasil
viana_fernanda@yahoo.com.br, getulio@agro.unitau.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE,
Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil
flavio@ltid.inpe.br

Abstract. This paper shows the geographical distribution of *Eucalyptus* plantations in the Vale do Paraíba, eastern São Paulo State. This is timely information due to recent great concern of the society about the rapid increasing in plantation areas throughout the region and the controversy about *Eucalyptus* plantations and the hydrological cycle, especially involving the depletion of ground water reservoir. The methodology included visual interpretation of georeferenced Landsat ETM⁺ imagery acquired in 2006/2007, use of municipalities boundaries layer to report results for each municipality, a thematic reference map with a layer of forest patches and *Eucalyptus* plantations of the Atlantic Forest from the São Paulo Forestry Institute based on 1995-2000 data. Results showed that Paraíba and Santa Branca municipalities have the largest areas planted to *Eucalyptus*, with 20319.8 and 8641.3 hectares, respectively. An important conclusion from this work is that several areas close to the Serra do Mar and Serra da Mantiqueira mountains have large *Eucalyptus* plantations, which raises concern because these are quite vulnerable environments and some of these plantations may lay over permanent preservation areas and be a source of pollutants from the *Eucalyptus* cultivation that can spread through the water table causing contamination downstream. Although the interpretation of Landsat imagery has been checked independently by an experienced interpreter, it is recommended that results be validated by field work.

Palavras-chave: remote sensing, geoprocessing, reforestation, environment, sensoriamento remoto, geoprocessamento, reflorestamento, meio ambiente.

1. Introdução

O Cone Leste Paulista é caracterizado pela presença do “Vale do Paraíba” que tem grande relevância histórica e sócio-econômica para o Estado de São Paulo. No passado, essa região foi usada para culturas intensivas de cana-de-açúcar, café e pecuária que deixaram marcas profundas de degradação ambiental (SATO et al., 2007). Atualmente, o crescimento das áreas de plantio com eucalipto tem causado polêmica e manifestação da sociedade sobre a preocupação com os impactos ambientais que tal monocultura poderá causar.

A questão hidrológica vinculada ao plantio de eucalipto constitui, atualmente, uma grande preocupação para a sociedade. “O uso da água pelo *Eucalyptus* tem sido um assunto controverso em muitas partes do mundo e, em função disso, muito esforço tem sido feito para adequar e compreender os efeitos de práticas silviculturais sobre as florestas plantadas para garantir a sustentabilidade” (ALMEIDA et al., 2007).

A questão do plantio do eucalipto como proposta de desenvolvimento sustentável deve ser discutida por três correntes distintas: o setor empresarial, a comunidade local e a comunidade científica na região do Vale do Paraíba.

Para Batista et al. (2007), o setor empresarial apresenta a cultura do eucalipto como oportunidade para o avanço econômico da região e considera a silvicultura como uma das atividades comerciais crescentes no mundo e de grande potencial econômico. Especialmente para o Estado de São Paulo que possui a maior em área de plantio no país. Para o Vale do

Paraíba, seria uma atividade muito promissora devido ao clima adequado e opção viável para produção em solo que foi degradado no passado.

A comunidade local, sem necessariamente respaldo técnico, condena o plantio do eucalipto afirmando que essa espécie consome água excessivamente e considera que o crescimento dessa cultura na região rebaixará o lençol freático e colocará em risco o abastecimento de água na região.

A comunidade científica trabalha para elucidar as questões que envolvem esse assunto. Dessa forma, a principal contribuição desse trabalho é a análise da distribuição espacial das áreas de plantio do eucalipto no Cone Leste Paulista, com base na análise de imagens recentes do sensor ETM⁺ do satélite Landsat.

Desta forma, o monitoramento da distribuição espacial das áreas de plantio do Eucalipto em todo Cone Leste Paulista pode ser considerada uma informação importante e oportuna para permitir não só a identificação das áreas reflorestadas no Vale do Paraíba, mas, principalmente para determinar uma referência para avaliação da expansão dessa cultura nos municípios e as áreas da Serra do Mar e da Mantiqueira.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo em questão compreende o Vale do Paraíba (trecho paulista), Serra da Mantiqueira e Litoral Norte, situados no cone leste do Estado de São Paulo (Figura 1), correspondente a quatro imagens TM/Landsat, com 30m x 30m de resolução espacial, com datas de aquisições: 23/12/2006 para órbita 217 ponto 76; 05/05/2007 para órbita 218 ponto 75; 16/08/2007 para órbita 219 ponto 76 e 25/08/2007 para órbita 218 ponto 76, nas bandas espectrais 3, 4 e 5. Essas imagens foram escolhidas por apresentarem menor quantidade nuvens.

O aplicativo SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas versão Windows 4.3.1 (CAMARA et al., 1996) foi utilizado para o georreferenciamento e extração de informações das imagens Landsat.

2.1. Principais etapas da Metodologia

Os métodos utilizados nesse trabalho tiveram como base, metodologias previamente desenvolvidas e utilizadas em projetos de grande importância, tais como o PRODES e o Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (período 1995-2000), e seguiu os seguintes passos:

2.1.1. Georreferenciamento das imagens

As imagens Landsat ETM⁺ 2006/2007 foram georreferenciadas com base no mosaico disponibilizado pelo programa “Global Land Cover Facility: Earth Science Data Interface” (<http://www.glcf.umd.edu/data/>), da NASA, adotando-se uma média de 5 a 6 pontos de controle para cada imagem e observando o erro do registro para que ficasse sempre menor do que um pixel (30 m). A projeção do banco de dados utilizada foi a UTM, Datum SAD69, zona 23, meridiano central 45° e o projeto definido como um retângulo com latitude do canto superior de 22° 07' 46.07'' Sul e longitude 44° 13' 43.34'' Oeste e latitude do canto inferior de 23° 54' 25.52'' Sul e longitude 46° 10' 02.63'' Oeste.

2.1.2. Interpretação visual das imagens

Após o georreferenciamento das imagens, o banco de dados do Instituto Florestal de São Paulo, com imagens TM/Landsat de 2001 foi importado para o SPRING e um plano de informação correspondente ao mapa temático denominado “mapa_2007” foi criado contendo duas classes denominadas “Reflo_2001” para os dados das imagens de 2001 e “Reflo_2007” para os dados das imagens 2006 e 2007.

As imagens foram analisadas em composição colorida rotineiramente utilizada na interpretação de coberturas vegetais, na qual, o filtro azul foi utilizado para a imagem da banda TM3, o filtro vermelho para a imagem da banda TM4 e finalmente, o filtro verde para a imagem da banda TM5. Nessa composição, as formações vegetais são visualizadas em tons avermelhados; áreas de reflorestamento com eucalipto nas imagens 2001 (já interpretadas) aparecem delimitadas com tons de verde escuro. Os novos plantios interpretados a partir das imagens 2006/2007 foram delimitados em tons verde claro.

2.1.3. Auditoria do mapa temático gerado na interpretação visual das imagens 2006/2007

Para consistência da interpretação das imagens 2006/2007, um analista, independente e experiente do INPE verificou todo o resultado da interpretação no mapa temático gerado e corrigiu eventuais falhas da interpretação por meio de edição vetorial.

2.1.4. Importação dos limites municipais

Com a finalidade de se gerar uma tabulação cruzada para a determinação da área de cultivo de eucalipto em cada município, foi importado um plano de informação contendo o limite dos municípios do Estado de São Paulo disponível no Banco de dados “Atlas do Brasil” do instalador do SPRING (Figura 1). Também, nessa etapa, foram criadas classes com os nomes de todos os municípios presentes na região.



Figura 1- Área de estudo correspondente ao Cone Leste Paulista, mostrada sobre o mosaico colorido de imagens Landsat ETM⁺, com a delimitação dos municípios analisados.

2.1.5. Relatório de dados

Para finalizar o trabalho foram cruzadas as seguintes matrizes: Municípios X Mapa_10_300 utilizando a ferramenta “Tabulação Cruzada” do aplicativo SPRING, gerando um relatório de dados com os resultados da quantificação das áreas de plantio do eucalipto no Cone Leste Paulista.

3. Resultados e Discussões

Para realizar a análise dos resultados dessa pesquisa, foram utilizados os valores das áreas do plantio do Eucalipto em pixels, km² e hectares, para todos os municípios situados no Cone Leste Paulista a partir do relatório de dados fornecido pelo aplicativo na Tabela 1.

Tabela 1. Valores das áreas de plantio de Eucalipto no Cone Leste Paulista.

Municípios	Pixels	Km²	Hectares
Paraibuna	219648	197,68	19768,3
Santa Branca	93127	83,81	8381,4
São José dos Campos	72646	65,38	6538,1
Taubaté	63659	57,29	5729,3
São Luis do Paraitinga	55145	49,63	4963,0
Redenção da Serra	45499	40,94	4094,9
Pindamonhangaba	40415	36,37	3637,3
Lorena	38020	34,21	3421,8
Guaratinguetá	36773	33,09	3309,5
Natividade da Serra	32877	29,58	2958,9
Jambeiro	31648	28,48	2848,3
Guararema	30944	27,84	2784,9
Caçapava	30802	27,72	2772,1
Cunha	30008	27,00	2700,7
Jacareí	24497	22,04	2204,7
Igaratá	23640	21,27	2127,6
Queluz	20002	18,00	1800,1
Lavrinhas	18461	16,61	1661,4
Monteiro Lobato	16976	15,27	1527,8
Silveiras	15172	13,65	1365,4
Areias	13950	12,55	1255,5
Campos de Jordão	11616	10,45	1045,4
Tremembé	10649	9,58	958,4
Piquete	9008	8,10	810,7
Roseira	6888	6,19	619,9
Lagoinha	6499	5,84	584,9
Canas	6478	5,83	583,0
Aparecida	5909	5,31	531,8
Cruzeiro	5909	5,31	531,8
Cachoeira Paulista	5107	4,59	459,6
São Bento do Sapucaí	4062	3,65	365,5
Arapeí	3414	3,07	307,2
São José do Barreiro	466	0,41	41,9
Santo Antonio do Pinhal	0	0,00	0,0
Ubatuba	0	0,21	21,4
Santa Isabel	0	0,00	0,0
Potim	0	0,00	0,0
Caraguatatuba	0	0,00	0,0
São Sebastião	0	0,00	0,0
Ilhabela	0	0,00	0,0

Os resultados desse trabalho revelaram que os municípios com maior área coberta por reflorestamento de eucalipto na área de estudo foram Paraibuna com 19768,3 ha e Santa Branca com 8381,4 ha. Os municípios com a menor área com o eucalipto foram São José do Barreiro com 41,9 ha e Ubatuba com 21,4 ha, respectivamente. De acordo com os resultados desse trabalho, também, foi revelado que os municípios de Santa Isabel, Potim, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela não possuem áreas reflorestadas com eucalipto significativamente mensuráveis com imagens do satélite Landsat ETM⁺.

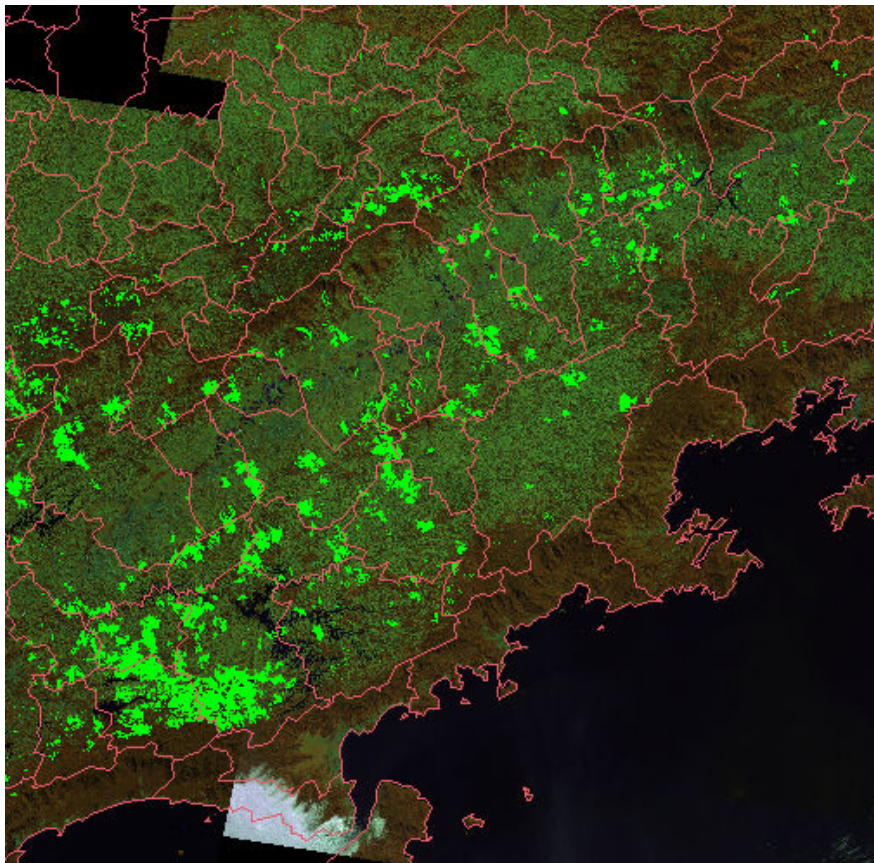


Figura 2. Mapa temático resultante da identificação das áreas plantadas com Eucalipto (verde claro) no Cone Leste Paulista sobre o mosaico de imagens Landsat ETM⁺.

4. Conclusões

O desenvolvimento desse trabalho permitiu a identificação da expansão das áreas de plantio do eucalipto em municípios muito próximos à Serra do Mar, tais como: Paraibuna e Natividade da Serra, assim como, próximos à Serra da Mantiqueira: Campos de Jordão e São Bento do Sapucaí, o que sugere atenção para evitar plantios em áreas de preservação permanente e contaminação com insumos culturais nessas localizações ambientalmente mais sensíveis.

A realização de um trabalho de campo para certificação da interpretação feita seria importante para validação dos resultados apresentados, principalmente nos municípios em que não foram identificadas áreas reflorestadas com eucalipto.

Referências Bibliográficas

Artigo em periódico

Sestini, M. F.; Alvala, R. C. S.; Mello, E. M. K.; Valeriano, D. M.; Reimer, E. S.; Chan, C. S.; Nobre, C. A. Integração e atualização de dados de uso/cobertura do terreno da Amazônia legal para utilização em modelos de

superfície (SSiB). In: International Lba Scientific Conference, 2., 2002, Manaus, BR. **Proceedings...** 2002. Papel. (INPE-9296-PRE/4961). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1905/2005/08.03.23.12>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

Eventos

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.

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: 17 nov. 2008.

Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E.; Aulicino, L. C. M. Metodologia para padronizar e atualizar o banco de dados do projeto "Prodes Digital". In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2705 - 2712. CD-ROM, Online. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.15.45>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

Lima, A.; Shimabukuro, Y. E.; Anderson, L. O.; Torezan, J. M. D.; Rudorff, B. F. T.; Rizzi, R. Atualização cartográfica do mapa de cobertura do Mato Grosso através da integração de mapas provenientes de imagens TM e MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 1711-1717. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.01.25.28>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

Riaño Umbarila, E.; Duarte, V.; Simi Júnior, R. Aplicación de la metodología de PRODES Digital y detalle de su leyenda en área de la frontera Leticia (Colombia) - Tabatinga (Brasil). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4269-4276. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12769-PRE/8059). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.19.00>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

Sato, A. M.; Avelar, A. S.; Coelho Netto, A. L. 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.

Relatório Técnico

Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional 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: 17 nov. 2008.

Exemplos de Internet

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.