

# ANÁLISE DA EXPANSÃO DA CULTURA DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ DO PARAITINGA ENTRE OS ANOS 2000 E 2015.

Marvin de Almeida Correa<sup>1</sup>, Felix Carriello<sup>2</sup>  
Daniel Andres Rodriguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense - UFF / Departamento de Geografia - Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n° - Campus da Praia Vermelha/Niterói - RJ - marvincorrea.geo@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense - UFF / Departamento de Análise Geoambiental - Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n° - Instituto de Geociências, sala 418 – Niterói/RJ - felixcarriello@id.uff.br; <sup>3</sup>Programa de Engenharia Civil - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Centro de Tecnologia - Bloco B, Sala 101 - Rio de Janeiro/RJ - daniel.andres@coc.ufrj.br

## RESUMO

No município de São Luiz do Paraitinga, desde a década de 1970 vêm se desenvolvendo a atividade de cultivo comercial do eucalipto. Esse processo, caracterizado pela expansão territorial da atividade, não ocorre de forma harmônica e é marcado pela ocorrência de infrações ambientais e impactos sociais. A metodologia empregada consistiu no mapeamento da atividade entre os anos 2000 e 2015, e a análise das taxas de expansão da atividade, a partir de imagens Landsat e técnicas de processamento digital de imagens. Os resultados obtidos demonstraram o crescimento de área plantada estimado em 19,9% entre os anos 2000 e 2015, além de considerável redução da taxa de expansão entre os anos 2010 e 2015, podendo este resultado estar relacionado aos entraves jurídicos criados a atividade a partir de 2007. Os resultados demonstram ainda que entre os anos analisados a área plantada não passou de 6% da área total do município.

**Palavras-chave** — *eucalipto, landsat, processamento digital de imagens.*

## ABSTRACT

Eucalyptus cultivation has been developing in the municipality of São Luiz do Paraitinga since the 1970s. This process, characterized by the territorial expansion of the activity, does not occur in a harmonic way and is marked by the occurrence of environmental infractions and social impacts. On this work, we mapped the activity between the years 2000 and 2015, in order to analyse its expansion rates. For this, we use Landsat imagery and digital image processing techniques. The results showed an increase of 19.9% in planted area between years 2000 and 2015, as well as a considerable reduction in the rate of expansion between 2010 and 2015, which could be related to the legal obstacles created by the activity from 2007. The results also show that during the period analyzed the area planted did not exceed 6% of the total area of the municipality.

**Key words** — *eucalyptus, landsat, digital image processing.*

## 1. INTRODUÇÃO

O município de São Luiz do Paraitinga, Estado de São Paulo, apresenta quadro de expansão da atividade de cultivo comercial do eucalipto, desde sua implantação no município a partir da década de 1970. Dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008) [6] demonstram que entre as safras 1995/96 e 2007/08 houve variação de 42% de área cultivada de eucalipto, expandindo de 5.527 ha para 7.836 ha. Esse processo de expansão, no entanto, vem acompanhado de impactos das mais diversas ordens relatados por meio de denúncias de crimes ambientais, consequências sociais e danos ao patrimônio histórico do município, noticiados através de jornais, publicações científicas e ações judiciais.

Dentre as ações, consta a Ação Civil Pública 593/2007 (ACP) ajuizada pelo defensor público Wagner Giron De La Torre, da regional de Taubaté, no ano de 2007. No documento figuram como réus as duas principais empresas atuantes na região, a Suzano Papel e Celulose S/A e a Votorantin Celulose e Papel (Atual Fibria), bem como os Governos Estadual e Municipal por sua omissão na fiscalização da atividade e flexibilidade na abertura de novos empreendimentos como a ausência de Estudos de Impacto Socioambiental e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Consta ainda a Ação Civil Pública 396/2009, também movida pela Defensoria Pública de Taubaté, referente aos impactos causados pelo transporte de eucalipto no distrito de Catuçaba. A ambas ações foi concedida liminar favorável condicionando e limitando a atividade das empresas a mecanismos mais rígidos de controle, submetidos à apreciação e aprovação dos estudos de impacto ambiental (FARINACI ET AL., 2013) [2].

Na maré de ações contra a monocultura de eucalipto, foi sancionada também, em 2010, o Plano Diretor Participativo de São Luiz do Paraitinga (Lei Complementar 1.347/2010) que entre outros temas implementou diretrizes de restrição e regulação da atividade no município, como a restrição da

área utilizada em plantios florestais de espécies exóticas a no máximo 18% do território municipal. Ainda assim as discussões sobre os limites da utilização de propriedades rurais no plantio de eucalipto em detrimento a outros modos de utilização da terra continuam em pauta no município, face a força que a atividade continua a exercer. Dados analisados por Oliveira (2011) [5] demonstram um quadro geral de retração ou estagnação produtiva de gêneros alimentícios ao longo das duas últimas décadas, onde, apesar da influência de fatores estruturais e conjunturais, parece estar associado ao processo de expansão dessa atividade.

Considerando o quadro descrito o presente trabalho teve como objetivo a análise da expansão da cultura de eucalipto no município, entre os anos 2000 e 2015. Pretendeu-se dessa forma estimar as taxas de expansão anteriores ao Plano Diretor Participativo de São Luiz do Paraitinga, e a taxa subsequente a homologação da lei. Permitindo assim avaliar seu efeito sobre a expansão da atividade no município.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

O município de São Luiz do Paraitinga (Figura 1) localiza-se na microrregião do Paraibuna e Paraitinga, inserida no Alto Vale do Paraíba Paulista, Estado de São Paulo. O município possui população estimada em 10.735 habitantes (IBGE, 2016) distribuídos em uma faixa territorial de 617,315 Km<sup>2</sup> e altitude média de 741 metros. Estabelecido sobre o Planalto do Paraitinga/Paraibuna, a geomorfologia da região é caracterizada pela presença de áreas serranas, cuja feição paisagística é a do mar de morros (MORELLI, 2002) [4]. Caracteriza-se ainda pelo domínio do Bioma Mata Atlântica, apesar da pouca cobertura original remanescente, e por ser cortado por dois rios principais, o Rio Paraitinga, que nasce na Serra da Bocaina, e o Rio Paraibuna, ambos afluentes do Rio Paraíba do sul.

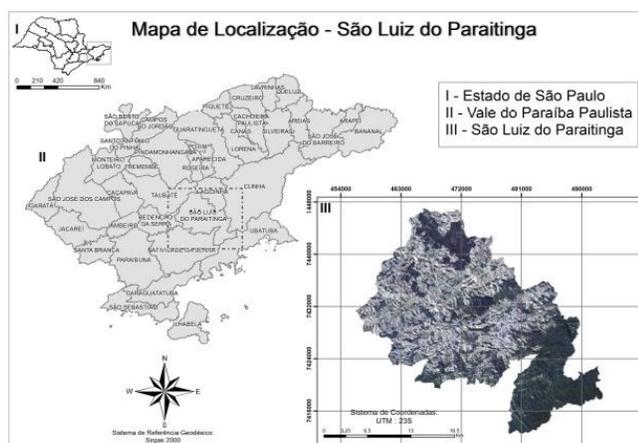


Figura 1. Mapa de localização.

### 2.2. Materiais

Para o presente trabalho foram utilizadas imagens dos sensores *Landsat Thematic Mapper* (Landsat 5- TM) e *Operational Land Imager* (Landsat 8 – OLI), obtidas a partir do sítio EarthExplorer (<<https://earthexplorer.usgs.gov/>>). Dada a natureza do trabalho optou-se pela utilização de dados de reflectância de superfície, geométrica e radiometricamente corrigidos e ajustados, obtidos no diretório *Landsat Collection 1, Level-2*. Foram selecionadas e baixadas quatro datas referentes a cena 218/076, correspondentes aos anos 2000, 2005, 2010 e 2015.

### 2.3. Etapas de trabalho e metodologia

As etapas de trabalho consistiram em: 1) Geração de imagens *NDVI* para todos os anos; 2) Classificação da imagem *NDVI* do ano 2015 através do algoritmo *Maximum Likelihood Classification*; 3) Validação da classificação empreendida com auxílio do *software GoogleEarth®*; 4) Geração de imagens detecção através da técnica de subtração de imagens; 5) Cruzamento dos dados e obtenção dos resultados.

Considerando as características dos dados de sensoriamento remoto utilizados não foi necessária a execução de etapas de pré-processamento adicionais, uma vez que as mesmas foram adquiridas com os níveis de ajustes necessários ao trabalho, a saber, correções geométrica, atmosférica e radiométrica, além de valores de *ND* convertidos para valores físicos. Seguiu-se portanto ao recorte das cenas pelo limite da área de estudo e a transformação radiométrica das imagens através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*NDVI*). A aplicação deste índice se deu em função do trabalho de Le Maire et al. (2014) [3], nele os autores demonstram um método de classificação de dosséis de eucalipto através de imagens obtidas pelo sensor *MODIS* e o emprego do *NDVI*.

Transformadas as imagens, foi realizada a classificação da imagem *NDVI* correspondente ao ano de 2015, representativa do último estado de evolução da cultura de eucalipto dentro da série temporal. Para tanto foi utilizado o algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, disponibilizado como ferramenta no *software ArcGIS 10.5®*. A imagem foi classificada segundo as classes de interesse Eucalipto, que engloba as áreas plantadas identificadas pelo algoritmo, e a classe Não-eucalipto, que engloba os demais tipos de uso e cobertura do solo existentes no município. A validação da classificação foi realizada através de pontos de controle obtidos através de imagens de maior resolução espacial disponíveis no *software Google Earth®*.

A partir das imagens *NDVI* foi realizada a detecção de mudanças fazendo uso da técnica de subtração de imagens. Desta forma, da imagem *NDVI* referência, correspondente ao ano 2015, foram subtraídas as imagens *NDVI* dos anos 2010, 2005 e 2000. Após determinado o limiar de mudança foram geradas as imagens detecção correspondentes.

Realizada a classificação da imagem *NDVI* referência e geradas as imagens detecção foi feito o cruzamento entre os resultados obtidos de forma a permitir a estimativa de área plantada para cada ano da série temporal. Para este fim foi necessária a extração dos polígonos referentes a classe eucalipto na imagem *NDVI* referência classificada, sendo em seguida utilizados como máscara para extração dos polígonos de mudança nas imagens detecção. Através deste procedimento objetivou-se primeiro isolar no ano final da série as áreas com cultivo de eucalipto (dentro da série temporal o ano de 2015 representa o estado final de evolução da cultura sendo, portanto, o parâmetro de comparação para os demais anos) e em seguida isolar nas imagens diferença somente os polígonos referentes as áreas de mudança, que respeitassem a relação de evolução temporal: não-eucalipto → eucalipto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizadas as etapas de trabalho foram gerados os dados referentes a expansão da área plantada de eucalipto entre os anos 2000 e 2015. Estes dados foram divididos em três conjuntos: a) Valores de área estimados para cada ano da série temporal; b) Variação de área para cada ano em relação ao ano subsequente; c) Variação total de área, correspondente ao primeiro e último ano da série temporal, conforme ilustra a Tabela 1.

Ano	a) Área (ha)	Período	b) Variação de Área (%)	Período	c) Variação total de Área (%)
2015	3432,51	2010-2015	5,66	2000-2015	19,96
2010	3238,47	2005-2010	13,20		
2005	2811,15	2000-2005	2,27		
2000	2747,61				

**Tabela 1. Variação de área plantada de eucalipto por ano e período.**

Foram calculadas também as proporções de área plantada de eucalipto em relação aos demais tipos de uso e cobertura do solo, agrupados em uma única classe denominada Não-Eucalipto, para cada ano da série temporal (Tabela 2).

Ano	Proporção de Área por Classe	
	Eucalipto (%)	Não-Eucalipto (%)
2015	5,57	94,43
2010	5,26	94,74
2005	4,56	95,44
2000	4,46	95,54

**Tabela 2. Proporção de área por classe.**

A análise da Tabela 1 demonstra a expansão contínua da área plantada de eucalipto entre os anos 2000 e 2015, esse crescimento, no entanto, não se deu de modo uniforme variando significativamente entre os períodos analisados. Um importante comportamento observado é a alta taxa de expansão da cultura de eucalipto entre os anos 2000 e 2010

seguida de considerável redução dessa taxa no período compreendido entre 2010 e 2015. A mudança de comportamento observada pode estar relacionada a pressão exercida pelas ações judiciais movidas pela Defensoria Pública de Taubaté contra as principais empresas na região a partir do ano de 2007 e a sanção, em 2010, do Plano Diretor Participativo de São Luiz do Paraitinga, sendo provável essa redução reflexo dos entraves jurídicos criados à expansão da atividade no município.

Já a tabela 2 demonstra a ocupação proporcional de cada classe em relação a área total do município. Como na Tabela 1, demonstra o quadro de expansão da atividade, ao longo dos 15 anos da série analisada, sobre os demais tipos de uso e cobertura do solo. No entanto, mostra que até o ano de 2015 a taxa de ocupação do solo por plantios de eucalipto era inferior aos 18% estipulados pelo Plano Diretor municipal. Cabe, no entanto, ressaltar que devido as limitações do método empregado só foi possível mapear as áreas que, nas datas selecionadas, apresentavam dosséis de eucalipto, excluindo-se do cálculo áreas de desbaste e em estágio inicial de plantio e crescimento.

### 5. CONCLUSÕES

O método empregado mostrou-se satisfatório aos objetivos do presente estudo. A escolha de imagens de média resolução (30 m), embora possa se considerar o uso de imagens de maior resolução espacial para aumento de precisão no mapeamento de classes de uso e cobertura, foi importante para garantir o recobrimento da faixa territorial da área de estudo, não sendo necessário a construção de mosaicos. Além disso, a ampla série histórica disponibilizada pelo programa Landsat o torna valiosa fonte de dados para estudos de monitoramento da Terra, especialmente para aqueles que trabalham com trajetória temporal, caso do presente estudo. Outras vantagens resultantes da escolha das imagens Landsat residiram na economia de tempo e custos no pré-processamento das imagens, nesse sentido, a disponibilidade, no sítio da USGS, de dados refinados com bons níveis de adequação radiométrica e geométrica implicaram em significativa economia de tempo para o pesquisador e redução nos custos da pesquisa, especialmente com a aquisição de licenças para softwares de PDI.

A opção pelo uso de um índice de vegetação, no caso *NDVI*, demonstrou bons resultados, especialmente na diferenciação dos tipos de cobertura vegetal. As imagens *NDVI* ressaltaram de forma efetiva a diferença de comportamento espectral entre as áreas de cultivo de eucalipto em relação aos demais gêneros vegetais, o que contribuiu significativamente para os resultados da classificação e da detecção de mudanças.

Sobre as diferenças observadas entre os resultados alcançados pelo presente trabalho e os obtidos por Cantinho et al. (2011) [1], em trabalho similar, também no município de São Luiz do Paraitinga, é possível inferir que as

diferenças entre métodos empregados para cada tipo de levantamento, bem como as limitações impostas pela resolução espacial das imagens Landsat e dos algoritmos de segmentação e classificação utilizados possam explicar as variações entre resultados.

Por fim, como destaca Le Maire et al. (2014) [3] ocorre no Brasil a escassez e a necessidade de mapeamentos em grande escala das áreas de silvicultura, especialmente de eucalipto, como forma de monitoramento da expansão da atividade. Por outro lado ressalta as dificuldades em mapear plantações de curta rotação através do uso de técnicas de sensoriamento remoto, como a escolha da resolução espacial adequada para o estudo de grandes áreas e o desenvolvimento de metodologias específicas para o mapeamento dessas plantações. No caso das plantações de eucalipto, sua fenologia de rápido crescimento a cada rotação tornam a interpretação e classificação através de imagens de satélite tarefa complexa.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] Cantinho, R.; Salgado, M.; Batista, G., “Análise da expansão do eucalipto no município de São Luís do Paraitinga”, in: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011.

[2] Farinaci, J.; Ferreira, L.; Batistella, M., “Transição florestal e modernização ecológica: a eucaliptocultura para além do bem e do mal”. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo: v.16, n.2, p.25-46, 2013.

[3] Le Maire, G.; Stéphane D.; Yann N.; Rodolfo A. L.; Rodrigo H., “Mapping short-rotation plantations at regional scale using MODIS time series: Case of eucalypt plantations in Brazil”. *Remote Sensing of Environment: ELSEVIER*, v. 152, p. 136–149, 2014.

[4] Morelli, A. F., “Identificação e transformação das unidades da paisagem no município de São José do Campos (SP) de 1500 a 2000”. Rio Claro, 2002. 407 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.

[5] Oliveira, L. E., “A expansão da monocultura de eucalipto e as implicações socioambientais no município de São Luiz do Paraitinga: Um estudo de caso”. São José dos Campos, 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos, 2011.

[6] SÃO PAULO. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. *Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo*. São Paulo: CATI, 2008.