

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**LUCAS MICHEL DE OLIVEIRA ANACLETO**

**ANÁLISE ESPACIAL DA EUCALIPTOCULTURA NO TRECHO PAULISTA DA  
BACIA  
HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL - SP**

**Taubaté – SP**

**2016**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**LUCAS MICHEL DE OLIVEIRA ANACLETO**

**ANÁLISE ESPACIAL DA EUCALIPTOCULTURA NO TRECHO PAULISTA DA  
BACIA  
HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL - SP**

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

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais.

**Orientador:** Prof. Dr. Getulio T.  
Batista.

**Taubaté – SP**

**2016**

A532a	<p>Anacleto, Lucas Michel de Oliveira. Análise espacial da eucaliptocultura no trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul - SP /Lucas Michel de Oliveira Anacleto. – Taubaté/SP: Unitau, 2016.</p> <p>72f.: il.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias. Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais, 2016. Orientador: Getulio T. Batista.</p> <p>1. Sensoriamento Remoto. 2. Geoprocessamento. 3. Uso da terra.</p> <p>CDD 621.3678</p>
-------	---

*Elaborada por Daniela Augusta de Souza Barreto. Bibliotecária responsável*

**LUCAS MICHEL DE OLIVEIRA ANACLETO**

**ANÁLISE ESPACIAL DA EUCALIPTOCULTURA NO TRECHO PAULISTA DA  
BACIA**

**HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL - SP**

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

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais.

**Orientador:** Prof. Dr. Getulio T.  
Batista.

Data: 29/04/2016

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

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista, Ph.D.

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Celso de Souza Catelani

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Yosio Edemir Shimabukuro

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Taubaté - SP**

**2016**

**Dedico ao meu filho, por ser a motivação em minhas futuras etapas da vida.**

**Dedico ao meu pai (em memória), por toda dedicação desde minha infância e incentivo em todas as etapas da vida enquanto esteve presente fisicamente. Presença e amor eternos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista, pela confiança, ensinamento, paciência e incentivo desde o início.

Às orientações do Prof. Dr. Celso Catelani pelos esclarecimentos que me ajudaram muito.

Ao Eng. Alan Batista, que por contatos via email mostrou-se sempre disposto a colaborar.

Ao amigo e Prof. M.Sc. Leonardo do Nascimento Lopes, por todo ensinamento, conselhos e incentivo desde o início.

À Fernanda Viana de Paiva Arguello por disponibilizar os dados digitalizados do ano 2007.

Aos professores, que durante o período do mestrado transmitiram seus conhecimentos nas aulas ministradas.

À minha mãe, Ana Luiza de Oliveira, pelo apoio, amor, incentivo e força, principalmente nos momentos mais difíceis.

A esposa Nayara Fabiano, pelo apoio, companheirismo, paciência e ajuda no período do curso e por sempre me motivar, acreditar e ajudar-me conquistar meus objetivos.

Ao meu pai (em memória), Agnaldo Anacleto, que está comigo sempre, em pensamento e presença eterna. Que me ensinou a simplicidade da vida e a motivação do trabalho.

Ao Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da UNITAU que foi ponte para aquisição dos novos conhecimentos.

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

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DOS INSTRUMENTOS IMAGEADORES OLI E TIRS A BORDO DO LANDSAT-8. ....	30
TABELA 2: ÁREAS PLANTADAS (HA) COM EUCALIPTO REFERENTE AOS ANOS 2000, 2007, 2010 E 2013 COM OS MUNICÍPIOS ORDENADOS EM ORDEM DECRESCENTE COM BASE EM 2013. ....	41
TABELA 3: DIFERENÇA EM (%) PORCENTAGEM DA ÁREA PLANTADA COM EUCALIPTO ENTRE 2000 E 2013. ....	42
TABELA 4: PROPORÇÃO DAS ÁREAS COM REFLORESTAMENTO DE EUCALIPTO EM RELAÇÃO A ÁREA TERRITORIAL DOS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2. ....	45
TABELA 5: MUNICÍPIOS QUE TIVERAM DIMINUIÇÃO NA POPULAÇÃO E AUMENTO NAS ÁREAS OCUPADAS POR EUCALIPTO NO PERÍODO ENTRE 2000 A 2010, NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA. ....	53
TABELA 6: ÍNDICE DE MORAN GLOBAL PARA A OCORRÊNCIA DE EUCALIPTO NA UGRHI 2. ....	56
TABELA 7: MUNICÍPIOS COM REFLORESTAMENTO (HA E PORCENTAGEM) TOTAL DA ÁREA REFERENTE À PORÇÃO LESTE DA UGRHI 2 NO ANO 2000, 2007, 2010 E 2013. ....	58
TABELA 8: MUNICÍPIOS COM REFLORESTAMENTO (HA E PORCENTAGEM) TOTAL DA ÁREA REFERENTE A PORÇÃO OESTE DA UGRHI 2 NO ANO 2000, 2007, 2010 E 2013. ....	59

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: COMPOSIÇÃO COLORIDA (BANDAS RGB-654) DA IMAGEM LANDSAT 8, (ÓRBITA/PONTO 219/76) ADQUIRIDA EM 25/03/2013 E (ÓRBITA/PONTO 218/76) ADQUIRIDA EM 24/4/2013, MOSTRANDO O LIMITE DO TRECHO PAULISTA NA BACIA HIDROGRÁFICA PARAÍBA DO SUL. ....24
- FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO DA UGRHI 2 – PARAÍBA DO SUL NO BRASIL. ....26
- FIGURA 3: MAPA RESULTANTE DO INVENTÁRIO FLORESTAL DE SÃO PAULO ANO 2000 CONTENDO ÁREAS PLANTADAS COM EUCALIPTO EM VERMELHO E PINUS EM AMARELO NA UGRHI 2.....29
- FIGURA 4: IMAGEM DE SATÉLITE AJUSTADA ESPECTRALMENTE PARA DESTACAR O EUCALIPTO EM VERDE CLARO NAS TRÊS BANDAS RGB-654. 31
- FIGURA 5: IMAGEM DO GOOGLE EARTH DE ALTA RESOLUÇÃO (ESQUERDA) E ÁREAS OCUPADAS COM PLANTIOS DE EUCALIPTO EM COMPOSIÇÃO RGB-654 DO LANDSAT-8, PORÇÃO LESTE MUNICÍPIO DE REDENÇÃO DA SERRA-SP (DIREITA). NÚMERO 1 USO URBANO E SOLO EXPOSTO, NÚMERO 2 PLANTIO DE EUCALIPTO E NÚMERO 3 ÁREA COM FLORESTA. ....32
- FIGURA 6: EXEMPLO DOS TALHÕES COM FORMAÇÕES DO REFLORESTAMENTO DE EUCALIPTO EM TONS ESVERDEADOS NA COMPOSIÇÃO (BANDAS RGB-654) DO MOSAICO DE IMAGENS LANDSAT-8 DE 2013, NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO DA SERRA (TRECHO PAULISTA DA BACIA HIDROGRÁFICA PARAÍBA DO SUL).....33
- FIGURA 7: EXEMPLO DO RESULTADO DE SEGMENTAÇÃO (POLÍGONOS CONTORNADOS POR LINHAS PRETAS) SOBREPOSTO À COMPOSIÇÃO COLORIDA (BANDAS RGB-654) DO MOSAICO DE IMAGENS LANDSAT-8, MUNICÍPIO DE LAGOINHA. ....34
- FIGURA 8: EXEMPLO DOS POLÍGONOS COM A ATUALIZAÇÃO DOS NOVOS PLANTIOS EM TONS VERDE-CLARO (A) NA COMPOSIÇÃO COLORIDA E CONTRASTE ENTRE AS BANDAS RGB-654, E, IMAGEM B COM TOM VERDE ESCURO REPRESENTA A CLASSIFICAÇÃO DO PLANTIO DE EUCALIPTO, NO MUNICÍPIO DE JAMBEIRO, MOSAICO DE IMAGENS LANDSAT-8 2013. A IMAGEM C REPRESENTA OS POLÍGONOS EM TOM AVERMELHADO, JÁ CLASSIFICADOS PELO IF E, IMAGEM D CLASSIFICADA EM VERDE ESCURO, MUNICÍPIO DE JAMBEIRO NA COMPOSIÇÃO COLORIDA (BANDAS 345-BRG) DO MOSAICO DE IMAGENS TM 2000. ....36
- FIGURA 9: A) A ESQUERDA MAPA DE ÁREAS OCUPADAS COM PLANTIOS DE EUCALIPTO NA COR PRETA (IF, 2000) E SOBREPOSTO NA COR VERDE (DESTE TRABALHO) AS ÁREAS OCUPADAS COM EUCALIPTO, ANO 2013; B) A DIREITA PLANTIOS DE EUCALIPTO EM TONS VERDE-CLARO NA COMPOSIÇÃO RGB-654 DO LANDSAT-8 DE 2013. OS CÍRCULOS NA COR PRETA COMPARANDO TALHÕES DE EUCALIPTO NOS MUNICÍPIOS DE SANTA BRANCA, REDENÇÃO DA SERRA E TAUBATÉ. ....37



FIGURA 10: ÁREA OCUPADA COM EUCALIPTOCULTURA NOS ANOS 2000 <sup>1</sup> , 2007 <sup>2</sup> , 2010 <sup>3</sup> E 2013 NOS 34 MUNICÍPIOS QUE COMPÕEM A UGRHI 2 ORDENADOS EM ORDEM DECRESCENTE DE ÁREA DO ANO DE 2010. ....	40
FIGURA 11: EVOLUÇÃO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PLANTIOS DE EUCALIPTO NOS ANOS 2000 <sup>1</sup> , 2007 <sup>2</sup> ,2010 <sup>3</sup> E 2013. ....	44
FIGURA 12: MAPA COM OS 34 MUNICÍPIOS QUE COMPÕEM A UGRHI 2. ....	46
FIGURA 13: CONCENTRAÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NOS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2 NO ANO DE 2000 OBTIDA PELO MÉTODO KERNEL, PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW COM BASE NOS DADOS DO IF 2000, OBTIDOS DE ARGUELLO ET AL. (2010). ....	48
FIGURA 14: CONCENTRAÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NOS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2 NO ANO DE 2007 OBTIDA PELO MÉTODO KERNEL, PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW COM BASE NOS DADOS OBTIDOS DE ARGUELLO ET AL. (2010). ....	50
FIGURA 15: MAPA GERADO NO TERRAVIEW APRESENTA A DIFERENÇA EM PORCENTAGEM DA EUCALIPTOCULTURA NO PERÍODO ENTRE 2000 E 2007. ....	51
FIGURA 16: CONCENTRAÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NOS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2 NO ANO DE 2010 OBTIDA PELO MÉTODO KERNEL, PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW COM BASE NOS OBTIDOS DE BATISTA ET AL. (2010). ....	53
FIGURA 17: CONCENTRAÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NOS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2 NO ANO DE 2013 OBTIDA PELO MÉTODO KERNEL, PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW COM BASE NOS DADOS DA IMAGEM DO LANDSAT-8 2013. ....	55
FIGURA 18: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL NA UGRHI 2. ....	57
FIGURA 19: MUNICÍPIOS DA UGRHI 2, PORÇÃO LESTE COM OS POLÍGONOS NA COR VERDE REPRESENTADO OS LIMITES MUNICIPAIS. ....	58
FIGURA 20: MUNICÍPIOS DA UGRHI 2, PORÇÃO OESTE COM OS POLÍGONOS NA COR VERDE REPRESENTADO OS LIMITES MUNICIPAIS. ....	59
FIGURA 21: MUNICÍPIOS DA UGRHI 2, DISTRIBUIÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO EM HA NO ANO DE 2013. MAPA PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW. ....	62
FIGURA 22: MAPA COM OS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2 DA DISTRIBUIÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NO ANO DE 2013 COM ÍNDICE MORAN. MAPA PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW. ....	63
FIGURA 23: MUNICÍPIOS COM IML POSITIVO NA OCORRÊNCIA COM EUCALIPTO EM 2013 NA UGRHI 2. ....	64
FIGURA 24: MAPA COM OS MUNICÍPIOS INDICANDO IML POSITIVO NA OCORRÊNCIA COM EUCALIPTO EM 2013 NA UGRHI 2. NA COR VERDE, GRANDE CLUSTER DE ÁREAS COM EUCALIPTO FORMADO PELOS MUNICÍPIOS DE PARAIBUNA, SANTA BRANCA, REDENÇÃO DA SERRA, NATIVIDADE DA SERRA E SÃO LUIZ DO PARAITINGA. ....	65

FIGURA 25: MAPA COM OS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2, DISTRIBUIÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NO ANO DE 2013 EM HA PROCESSADO COM ÍNDICE MORANMAP. MAPA PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW. ....	66
FIGURA 26: MAPA COM OS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2, DISTRIBUIÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NO ANO DE 2013 COM ÍNDICE LISASIG, OS POLÍGONOS DESTACADOS DENTRO DO CIRCULO REPRESENTAM OS MUNICÍPIOS COM O P MENOR QUE 0.05. MAPA PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW.....	67
FIGURA 27: MAPA COM OS MUNICÍPIOS DA UGRHI 2, DISTRIBUIÇÃO DA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO NO ANO DE 2013 EM HA COM ÍNDICE LISAMAP. MAPA PROCESSADO NO PROGRAMA TERRAVIEW. ....	68

## SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO .....	14
1 - JUSTIFICATIVA .....	18
1.1 - OBJETIVO.....	18
1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 - EUCALIPTOS NO VALE DO PARAÍBA – HISTÓRICO E EVOLUÇÃO.....	19
2.2 - SENSORIAMENTO REMOTO E VEGETAÇÃO .....	20
2.3 - ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS (MORAN GLOBAL, MORAN LOCAL E KERNEL) .....	21
2.4 - SPRING e TERRAVIEW .....	22
3 - MATERIAL E MÉTODO .....	24
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	24
3.2 - O CULTIVO DO EUCALIPTO.....	27
3.3 - BASE CARTOGRÁFICA.....	28
3.4 - PROCESSAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE.....	29
3.5 - MANIPULAÇÃO DE CONTRASTE .....	31
3.6 - SEGMENTAÇÃO DAS IMAGENS .....	34
3.7 - CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM .....	35
3.8 – PRINCIPAIS ETAPAS DA METODOLOGIA.....	38
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 - ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DAS ÁREAS DE EUCALIPTO E MAPAS KERNEL ENTRE 2000, 2007, 2010 E 2013.....	39
4.1.1 - ESTIMATIVA DO IF 2000.....	39
4.1.2 - ESTIMATIVA DE 2007 .....	39
4.1.3 - ESTIMATIVA DE 2010 .....	39
4.1.4 - ESTIMATIVA DE 2013 .....	40
4.1.5 - KERNEL ANO 2000.....	48
4.1.6 - KERNEL ANO 2007.....	49
4.1.7 - KERNEL ANO 2010.....	52
4.1.8 - KERNEL ANO 2013.....	55
4.2 – ANÁLISE PELO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL.....	56
4.2.1– ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2000.....	60
4.2.2 – ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2007.....	60
4.2.3 - ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2010 .....	60

4.2.4 - ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2013 .....	61
4.2.5- ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN LOCAL DO ANO 2013.....	62
CONCLUSÃO .....	70
REFERÊNCIAS.....	71

## **ANÁLISE ESPACIAL DA EUCALIPTOCULTURA NO TRECHO PAULISTA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL - SP**

### **RESUMO**

Com base nos resultados e mapas previamente disponíveis dos anos 2000, 2007, 2010 e na análise de imagens do Landsat 8 adquiridas em 2013, identificaram-se padrões espaciais específicos e autocorrelação espacial positiva na distribuição geográfica das áreas ocupadas com plantios de eucalipto nos diversos municípios na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 2), região paulista da Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Para quantificar o plantio do eucalipto, analisar a dependência espacial dos fenômenos geográficos e determinar a significância estatística dos agrupamentos espaciais, aplicaram-se técnicas de processamento de imagens utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, análise de padrões de pontos espaciais por Kernel e análise espacial de dados, destacando-se o índice global de Moran e o índice local de Moran e indicadores de associação espacial. As áreas ocupadas com eucalipto na UGRHI 2 em 2013 foram de 121.321 ha, observa-se alta ocorrência de reflorestamento na porção Oeste da bacia hidrográfica, evidenciada no mapa Kernel. O município de Paraibuna que possuía 10.471 ha no ano 2000 passou a ter 13.854 ha em 2013, um aumento de 32,3%. Paraibuna é o município que em todos anos analisados teve a maior área ocupada com plantios de eucalipto. Na porção Leste da UGRHI 2, Silveiras teve sua área reflorestada avaliada no ano 2010 em 4.278 ha que aumentou para 6.761 ha em 2013. No período de treze anos, entre 2000 e 2013, a maior variação de crescimento foi no município de Santa Isabel com 1.030%. O município com menor crescimento nesse período foi Bananal com -63%. A bacia hidrográfica como um todo, ano 2010 em relação a 2013 teve crescimento de 4,6%. Conclui-se com base na análise do índice de Moran Global e indicadores de associação espacial que há dependência espacial, com zonas de concentração da cultura de eucalipto em certos municípios da UGRHI 2 em todos os anos analisados (2000, 2007, 2010 e 2013). Nessa série histórica, em todos anos analisados, as áreas ocupadas com plantios de eucalipto, mantiveram-se predominantemente na porção Oeste da Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul com diminuição gradativa no sentido Leste.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Uso da terra; Terraview; Bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

## **SPATIAL ANALYSIS OF EUCALYPT IN THE SÃO PAULO STRECH OF THE PARAÍBA DO SUL, SP**

### **ABSTRACT**

Based on the results and previously available maps of 2000, 2007, 2010, and on the analysis of Landsat 8 imagery acquired in 2013, we identified specific spatial patterns and positive spatial autocorrelation in the geographical distribution of the areas occupied by eucalyptus plantations in the various municipalities in Water Resources Management Unit (Acronym in Portuguese UGRHI 2), São Paulo region of the hydrographic basin Paraíba do Sul River. To analyze the spatial dependence of the distribution of Eucalyptus plantations and determine the statistical significance of spatial clusters, we applied image processing techniques using remote sensing techniques, GIS, spatial patterns using Kernel and spatial data analysis based on the global local Moran indices and spatial association indicators. We estimated 121,321 ha planted to Eucalyptus in UGRHI 2 in 2013. High rate of reforestation is observed in the western portion of the basin, as evidenced on the Kernel map. The municipality of Paraibuna who had 10,471 ha in 2000 had 13,854 ha in 2013, an increase of 32.3%. Paraibuna is the municipality that in all analyzed years had the largest planted area with Eucalyptus. In the eastern portion of UGRHI 2, Silveiras had its reforested area assessed in 2010 at 4,278 ha which increased to 6,761 ha in 2013. In the period of thirteen years between 2000 and 2013, the highest variation in growth was in the municipality of Santa Isabel, 1,030%. The municipality with the lowest growth in this period was Bananal with -63%. In the river basin as a whole, the year 2010 compared to 2013, Eucalyptus area grew by 4.6%. The analysis of the global Moran index and spatial association indicators indicated that there is spatial dependence, with areas of concentration of the Eucalyptus in certain municipalities of UGRHI 2 in all analyzed years (2000, 2007, 2010, and 2013). In this historical series, the areas occupied by Eucalyptus plantations, remained predominantly in the western portion of the Paraíba do Sul River basin with a gradual decrease in the eastern direction.

Keywords: Geoprocessing; Remote Sensing; Land use; Terraview; Basin of the Paraíba do Sul.

## 1 - INTRODUÇÃO

A região do Vale do Paraíba Paulista tem sido explorada economicamente há mais de duzentos anos pelo setor agrícola desde meados do século 17 em suas diversas atividades como o cultivo do café e pecuária e mais recentemente o plantio do eucalipto, o que resultou em degradação de rios e solos.

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

Segundo Vianna et al. (2007), a prática de cultivo do eucalipto tem se estabelecido em extensas áreas rurais desde meados do século passado, trazendo novas oportunidades econômicas às áreas já consideradas ambientalmente prejudicadas. A partir do início do século XXI uma nova mudança vem se instalando nas áreas rurais, até então degradadas sob o ponto de vista socioeconômico e ambiental, com o início de um novo ciclo econômico associado à implementação de plantios de eucalipto em vastas áreas.

Na região do Vale do Paraíba, a expansão da eucaliptocultura nas duas últimas décadas tem causado polêmica e manifestações contrárias de setores da sociedade preocupados com seus impactos ambientais e sociais (ARGUELLO et al., 2010; ARGUELLO, 2010; SATO et al., 2005)

O cultivo do eucalipto requer a participação de três setores: o setor empresarial, a comunidade local e a comunidade científica, cujos interesses diferenciam-se muito uns dos outros e provocam questionamentos sobre o uso do solo na região, visando o desenvolvimento sustentável.

As áreas ocupadas por eucalipto podem ser encontradas em quase todos os municípios do Vale do Paraíba paulista, principalmente nos mares de morros, serra do Mar, serra da Mantiqueira e até em unidades de proteção ambiental. Nessas áreas, há extensas terras com baixo preço e características climáticas que favorecem o cultivo de eucalipto em larga escala.

De acordo com Batista et al. (2007), o setor empresarial apresenta a silvicultura de eucalipto como possibilidade para o avanço econômico da região, considerando um possível aumento na demanda pelos produtos florestais no mundo. O Estado de São Paulo é apontado

como um dos maiores em área de plantio de eucalipto do Brasil, e o Vale do Paraíba paulista, uma das áreas mais promissoras para expansão dessa cultura devido ao clima e ao solo degradado pelas atividades previamente exercidas.

Sendo assim, a análise e a crítica devem superar a discussão acadêmica e o senso comum, e considerar envolvimento dos atores sociais e ambientais, desenvolvendo modelos de políticas públicas que possam conciliar o interesse da população da UGRHI 2 e a real condição das áreas plantadas com eucalipto.

O monitoramento por meio de sensores remotos constitui importante ferramenta para a gestão ambiental. Porém, a inexistência de mapas de estrutura fundiária dos municípios dificulta esse monitoramento. A atual obrigatoriedade de se apresentar o levantamento georreferenciados das propriedades para o registro de imóveis e o Cadastro Ambiental Rural (CAR) contribuirão para que os municípios contornem esse problema. Tendo em vista os problemas de regularização fundiária que ainda se tem no país, investimentos direcionados para essa finalidade acelerariam o processo (FARINACI et al., 2013).

As informações devem ser direcionadas para atender as demandas para o estabelecimento de políticas públicas que favoreçam as questões ambientais e a geração de emprego, renda e recursos econômicos para as Prefeituras dos municípios da UGRHI 2 e diminuir a discrepância social entre a população urbana e rural. Compreender esses elementos e suas funções é importante para compreensão da dinâmica da região, para toda e qualquer intervenção do planejamento regional.

À medida que os processos industriais e urbanos se intensificam, alterações nas forças socioeconômicas favorecem o abandono de terras de produção agrícolas. Algumas dessas áreas alteram o uso do solo em florestas para plantio de árvores de eucalipto, e, em algum momento, o aumento da cobertura florestal supera as perdas por áreas antes sem florestas. Sendo assim, áreas com plantios de eucaliptos não deve ser analisada apenas do ponto de vista negativo, pois, anteriormente eram ocupadas por pastagens. Portanto, os impactos ambientais variam conforme a área ocupada por eucalipto é manejado, e elas provavelmente têm funções ecológicas que favorecem mais a recuperação por sucessão secundária do que pastagens.

Mesmo com tanta polêmica, a área do reflorestamento vem apresentando crescimento ao longo dos anos. É notável a expansão da cultura em alguns municípios, por exemplo, São Luiz do Paraitinga, onde, apresentam crescimento em todos os anos analisados.

Durante o mês de novembro de 2007, a Defensoria Pública do Estado de São Paulo propôs ação civil pública contra a Votorantim Celulose e Papel e Suzano Papel e Celulose. Empresas controladoras do plantio de eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga.



Segundo Farias (2008), Alegação era que a expansão dessa monocultura promovia o êxodo rural e causa prejuízo ao meio ambiente. "Cada árvore de eucalipto adulta consome de 25 a 30 litros de água por dia. Quem vai pagar pelo esgotamento dos rios e mananciais daquela região?", questionava a defensoria pública.

O uso da água na silvicultura, para Almeida et al. (2007) instiga esforços de pesquisa para compreensão dos possíveis efeitos desse tipo de atividade. Ainda persiste uma lacuna no conhecimento dos possíveis sistemas de manejo adequados para a conservação da água e do solo nas áreas cultivadas com eucalipto.

Como aponta Ramos e Dias (2007), a falta de água na região ocorre pelo uso inadequado do solo e não pela escassez de chuvas. A manutenção das condições adequadas para o sistema produtivo equilibrado de uma bacia hidrográfica deve observar a conservação dos recursos naturais, o manejo do solo, o monitoramento da infiltração e retenção das águas pluviais na bacia.

Os impactos das plantações de eucalipto em relação à bacia hidrográfica devem ser analisados, posto que qualquer generalização deve ser tomada com cautela, deve-se ter em mente que isso depende da efetiva implementação e avaliação do sistema de manejo proposto para cada situação. Segundo Arguello et al. (2010), em 2007, o eucalipto apresentou uma proporção de uso de 7,1% da área da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

Segundo Fardin et al. (2015), a seleção da localização de um novo projeto florestal é uma decisão que envolve uma série de questionamentos, sendo necessária a utilização de ferramentas que permitam a análise destes fatores em conjunto. Sua pesquisa foi identificar as áreas adequadas ao plantio de eucalipto na bacia hidrográfica do Rio Piranga, Estado de Minas Gerais, utilizando a ferramenta de análise multicritério<sup>1</sup>.

Com a preocupação dos impactos que o eucalipto vem causando, o município de São Luiz do Paraitinga-SP decide em seu Plano Diretor<sup>2</sup> restringir a área utilizada em plantios florestais de espécies exóticas a no máximo 18% do município e promover em parceria com

---

<sup>1</sup> Esta ferramenta tem sido utilizada para gerar mapas de susceptibilidade à erosão (VALLADARES et al., 2012), seleção de culturas agrícolas para cultivo (VIEIRA & CURI, 2015) e mapeamento de áreas prioritárias para adequação do uso da terra (SARTORI et al., 2011). Assim, considerando a necessidade de implantação de reflorestamentos e o potencial de utilização de ferramentas de sistemas de informação geográfica para a tomada de decisão quanto aos empreendimentos florestais.

<sup>2</sup> O Plano Diretor foi aprovado pelo Poder Legislativo em 15 de dezembro de 2009, 16 dias antes da catástrofe e, foi sancionado em 07 de janeiro de 2010, na Praça Dr.Oswaldo Cruz, em meio aos escombros deixados pela grande inundação. Em 2011, após elaboração do laudo das áreas de risco, indicando espaços territoriais com alta vulnerabilidade, o projeto de alteração da Lei do Plano Diretor, após discussão perante o Conselho de Planejamento e em audiência pública foi alterado, pela Lei Municipal 1458/2011.

os órgãos estaduais fiscalizadores, as ações necessárias à substituição imediata das florestas exóticas (eucaliptos e pinus) .

Em meio aos problemas ambientais que podem ser caracterizados, as ferramentas da geotecnologia servem de suporte para análise e tomada de decisões. Sendo assim, o presente trabalho focou em quantificar a eucaliptocultura na área da UGRHI 2. A análise espacial foi baseada em dados dos anos 2000, 2007, e 2010, utilizando trabalhos previamente realizados e comparados com a informação inédita sobre a distribuição geográfica da cultura de eucalipto no ano 2013 obtida nesta pesquisa, com base em novos sensores e metodologias. Como objetivos específicos verificou-se a existência de dependência espacial das áreas plantadas com eucalipto, identificou-se zonas de concentração da cultura de eucalipto nos diversos municípios da UGRHI 2 e avaliou-se a evolução histórica da área plantada em cada município nos anos 2000, 2007, 2010 e 2013.

## **1 - JUSTIFICATIVA**

A escolha desta bacia hidrográfica se justifica pela controvérsia sobre o crescimento e relação de proporção de áreas plantadas com eucalipto em relação à área dos municípios da região da UGRHI 2, aliado ao fato da porção dessa bacia constituir a cabeceira do rio Paraíba do Sul, fundamental para o abastecimento de mais de dois milhões de pessoas.

### **1.1 - OBJETIVO**

O objetivo foi estimar a área de eucaliptocultura nos diversos municípios da UGRHI 2 no ano 2013

### **1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar a existência de dependência espacial das áreas plantadas do eucalipto.
- Identificar zonas de concentração da cultura de eucalipto nos diversos municípios da UGRHI 2.
- Avaliar sua evolução histórica nos anos 2000, 2007, 2010 e 2013 com base em novos sensores e metodologias.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - EUCALIPTOS NO VALE DO PARAÍBA – HISTÓRICO E EVOLUÇÃO

A época dos primeiros plantios de eucaliptos no Vale do Paraíba paulista corresponde ao início da política de incentivos fiscais em 1965. A empresa Suzano Papel e Celulose comprou as primeiras terras em São Luiz do Paraitinga em 1968. Os cultivos em Salesópolis começaram por volta do ano de 1973. Em termos comparativos, pode-se citar que em Minas Gerais, os primeiros reflorestamentos com finalidade energética foram feitos na década de 1940 (LEÃO, 2000).

A expansão rápida da cultura na região, segundo Freitas Junior (2011) se deve em suas palavras:

*“As condições essenciais para a inserção e desenvolvimento da silvicultura de eucaliptos no Vale do Paraíba paulista foram: Infraestrutura viária e industrial instalada adequada à produção e comercialização da matéria-prima e dos derivados de eucaliptos; Amplo espaço territorial ocupado com formações vegetais abertas, como as pastagens, possibilitando a substituição por plantios de eucaliptos; extensas áreas rurais subaproveitadas e desvalorizadas; áreas rurais pouco povoadas, caracterizadas por grandes “vazios demográficos”; condições climáticas propícias ao desenvolvimento das árvores, com temperaturas elevadas, sem ocorrência de geadas, e chuvas bem distribuídas durante o ano; municípios estagnados economicamente, com baixo investimento em outros setores produtivos, por isso foram municípios nos quais a silvicultura encontrou espaço para se expandir, Natividade da Serra, Redenção da Serra e São Luiz do Paraitinga, por exemplo. Política de incentivos fiscais difundida na região. Proximidade com grandes centros econômicos, possibilitando a rápida ligação entre as áreas de cultivo e os locais de consumo. Proximidade entre as áreas de cultivo e as plantas industriais. Os plantios no Vale do Paraíba podem ser encontrados em praticamente todos os municípios, embora se concentrem nas áreas serranas dos municípios de Natividade da Serra, Silveiras, São Luiz do Paraitinga, Lagoinha, Taubaté, Pindamonhangaba, Paraibuna e São José dos Campos”.*

## 2.2 - SENSORIAMENTO REMOTO E VEGETAÇÃO

O início do Sensoriamento Remoto (SR) no Mundo é ligado ao desenvolvimento fotográfico junto às pesquisas espaciais. No Brasil, o SR foi introduzido no final da década de 60. Na década de 70 foi realizado o projeto RADAM envolvendo diversos órgãos públicos e universidades. Nesse projeto foi feito o mapeamento por radar utilizando-se o sistema Goodyear Electronic Mapping System da região Amazônica e, posteriormente estendido para o restante do país. Após anos de pesquisas e desenvolvimento, o Brasil, principalmente pelos esforços do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), inicia o uso dessa tecnologia em 1999, em parceria com a China foi lançado o satélite de Sensoriamento Remoto, munido de três sensores e denominado China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS.

O Sensoriamento Remoto é um termo referente a um conjunto de técnicas que são destinados a obter informações sobre os objetos sem contato físico entre o sensor e os objetos envolvendo a detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante (AVERY; BERLIN, 1992).

Desta forma, o sensoriamento remoto oferece uma ferramenta para subsidiar estudos ambientais fundamentais para a proteção de ecossistemas, bem como para o planejamento de uso do solo (BLASCHKE; KUX, 2005).

Quatro tipos de resolução são associados a uma imagem de satélite: espacial, radiométrica, espectral e temporal. A resolução espacial é a capacidade de observar detalhes na imagem, a resolução radiométrica é a sensibilidade que o sensor tem de diferenciar os valores de radiância ou faixa de valores numéricos associados aos pixels, a resolução espectral relaciona-se com o número de bandas que o sensor possui e com o intervalo do comprimento de onda de cada banda, e a resolução temporal é o tempo que um satélite leva para ‘imagear’ novamente a mesma área (MOREIRA, 2001).

O sensoriamento remoto com base em fotografias aéreas já vem auxiliando no mapeamento do uso do solo do Estado de São Paulo desde início de 1960, quando foi realizado o primeiro levantamento fotogramétrico completo do Estado. Nessa época foram elaborados os primeiros estudos da evolução natural da silvicultura do Estado de São Paulo. (KRONKA et al., 2005).

Em 1972 entra em operação o primeiro satélite da série Landsat, programa da NASA (National Aeronautics and Space Administration - EUA), com o objetivo de executar o mapeamento multiespectral da superfície da Terra. Desde então, com a disponibilização das imagens orbitais, vem sendo aprimoradas um grande número de metodologias de classificação digital e ou manual (LIU, 2007).

Atualmente é disponibilizada uma variedade de imagens captadas por diversos sensores de qualidade e resolução, para diferenciadas aplicações do mapeamento do uso da terra para estudos em várias escalas.

### **2.3 - ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS (MORAN GLOBAL, MORAN LOCAL E KERNEL)**

A análise de dados de área é um dos ramos de pesquisa da Estatística Espacial para se identificar padrões espaciais de distribuição de valores observados em uma determinada área geográfica. As técnicas de análise de dados de área foram desenvolvidas para identificar regiões onde a distribuição dos valores apresenta um padrão específico associado a sua localização espacial (DRUK et al., 2004).

A informação que se busca é o quanto o valor de uma variável em uma determinada área assemelha-se com os valores dessa variável localizada em sua vizinhança próxima, e o quanto é similar ou dissimilar aos valores de sua vizinhança distante. Essas técnicas são apresentadas na forma de indicadores, que medem tanto o padrão quanto a associação espacial, dentre as quais se destacam: o índice de Moran global e índice de Moran local.

De acordo com Neves & Luiz (2006), a interpretação prática do índice de Moran Global é: valores positivos indicam que existe uma associação espacial (autocorrelação espacial) positiva para a variável observada. O índice de Moran Global varia entre -1 e 1. Valores próximos de zero indicam que existe pouca dependência espacial entre as observações. Quanto mais próximo for o índice global de uma unidade mais forte é a dependência espacial entre as observações. De forma inversa, se o índice assumir valores negativos, isto indica que não existe, então, uma autocorrelação espacial negativa entre as observações. O índice para ser considerado deve ser avaliado junto com o p-valor, ou seja, a significância.

Em especial, o índice de Moran local constitui uma aproximação mais tradicional do efeito da dependência espacial, em que o esquema geral de dependência pode ser resumido

em um único valor e pode ser visualizado por meio do gráfico de espalhamento de Moran (DRUK et al., 2004).

Tem-se também os índices dos indicadores de associação espacial, que pode ser usado quando se dispõe de um grande número de áreas, resultantes, por exemplo, de escalas espaciais detalhadas, e é muito provável a existência de diferentes regimes de correlação espacial em diferentes sub-regiões. Esses diferentes regimes também podem ser visualizados por meio de mapas (LISA Map e o Moran Map).

Para indicadores de associação espacial, associados às diferentes localizações de uma variável distribuída espacialmente utiliza-se o Índice de Moran local para se verificar a correlação espacial dessas áreas. Por se tratar de um indicador local, tem-se um valor específico de correlação para cada área. O estimador de densidade Kernel é uma alternativa para analisar o comportamento de padrões de pontos. Basicamente o estimador de densidade Kernel fornece, por meio de interpolação, a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo. Assim temos uma visão geral da intensidade do processo em todas as regiões do mapa.

#### **2.4 - SPRING e TERRAVIEW**

Geoprocessamento no Brasil, segundo Camara et al. (1996), iniciou-se na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) na década de 80 no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia daquela Universidade, onde foi desenvolvido pelo Professor Jorge Xavier o Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA, com capacidade de análise geográfica como veículo de estudo e pesquisa. Após anos de estudos e desenvolvimentos surge o SPRING – Sistema de Processamento de Informações Geográficas, em 1991, criado por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que foi disponibilizado gratuitamente pela internet a partir de 1997.

Os Sistemas de Informação Geográfica (GIS) estão cada vez mais ampliados e complexos. Percebe-se uma tendência na busca de uma solução abrangente que vai desde o processo de aquisição de dados até a produção final de mapas e informações derivadas (TEIXEIRA, 2001).

Os SIG's permitem analisar e integrar dados em um Banco de Dados Georreferenciados e oferecem uma maneira ampla de integrar dados, estruturas e algoritmos que representam a diversidade do espaço em diversas escalas com ferramentas computacionais.

As ferramentas computacionais para o Geoprocessamento permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CAMARA et al., 1996).

Para o processamento e análise espacial de dados tem-se o TerraView que é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib, tendo como principais objetivos: apresentar à comunidade um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados. O TerraView permite se manipular dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens), ambos armazenados em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) relacionais ou georelacionais de mercado, incluindo ACCESS, PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQLServer e Firebird (DRUK et al., 2004).

De acordo com Camara et al. (1996), pode-se utilizar o SIG sob diversas maneiras como, tratamento de informação geográfica, ferramenta de produção de mapas, análise espacial de diferentes fenômenos, armazenamento de informação espacial. A tendência do uso de Sistemas de Informações Geográficas é aumentar, considerando que economicamente o uso de imagens orbitais tem se tornado viável e a tecnologia (software livre) acessível.



### 3 - MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, situada no cone leste do Estado de São Paulo (Figura 1), na zona cartográfica do Fuso 23, meridiano central 45°, com latitude do canto superior direito em 22° 18' 7.00'' Sul e longitude 44° 4' 4.30'' Oeste e, latitude do canto inferior esquerdo em 23° 44' 41.86'' Sul e longitude 46° 29' 28.69'' Oeste. A Figura 1 representa a cobertura vegetal da bacia em verde escuro e as áreas de reflorestamento em tons esverdeados, além dos corpos d'água em azul no centro do mapa que é o rio Paraíba do Sul e o azul escuro as represas de Santa Branca, Paraibuna e Jaguari.

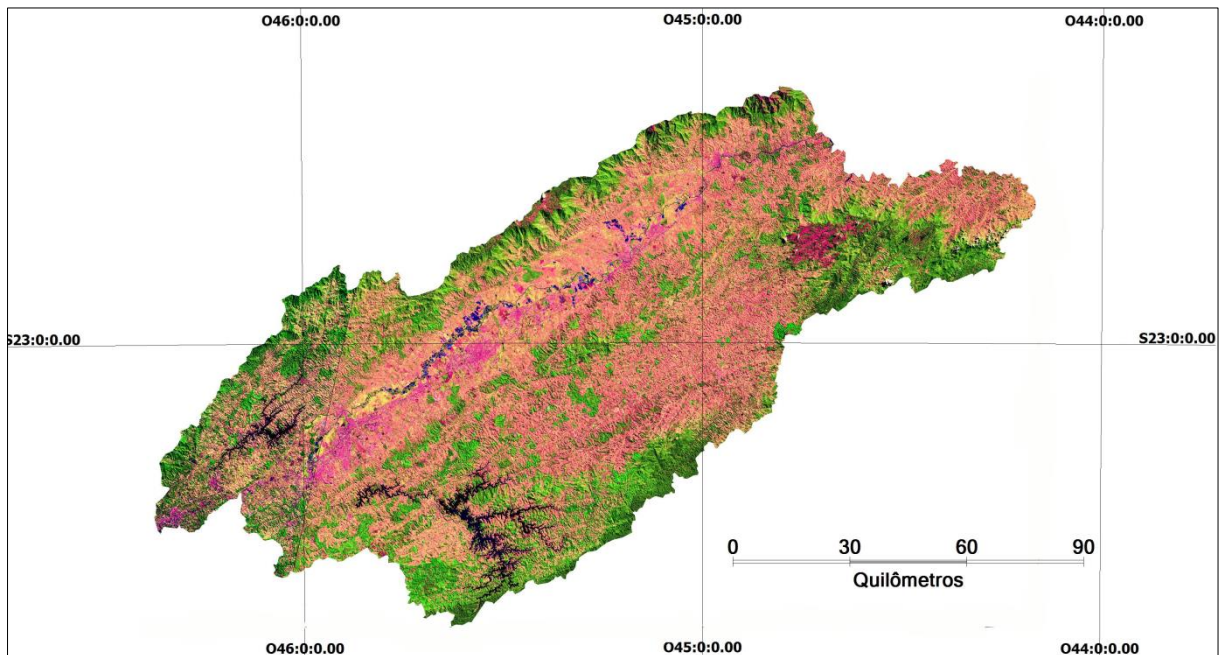


Figura 1: Mosaico da composição colorida (Bandas RGB-654) das imagens Landsat 8, órbita/ponto 219/76, adquirida em 25/03/2013 e órbita/ponto 218/76, adquirida em 24/4/2013, do trecho paulista na Bacia Hidrográfica Paraíba do Sul.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem área total aproximada de 55.500 km<sup>2</sup>, com uma extensão territorial que abrange três Estados: São Paulo (13.900 km<sup>2</sup>, Correspondente à área de estudo desta pesquisa), Minas Gerais (20.700 km<sup>2</sup>) e Rio de Janeiro (20.900 km<sup>2</sup>), no qual, 180 municípios são abastecidos pelo rio Paraíba do Sul, cuja extensão possui 1.150 km desde sua origem (encontro dos rios Paraibuna e Paraitinga no Estado de São Paulo) até sua foz no município de São João da Barra-RJ (CEIVAP, 2009). A bacia contém colinas e mares de morros, a geologia é caracterizada pelos Escudos Cristalinos,

compreendidos na Serra do Mar e Mantiqueira e, pelas áreas planas ressaltadas em uma Bacia Sedimentar, conhecida por Bacia Taubaté. Sua pedologia é bem variada, composta por Argissolos, Latossolos, Cambissolos, Gleissolos, entre outros. O clima, cujas as variações seguem as influências marítima e de altitude é do tipo CWA segundo Koeppen. A bacia do rio Paraíba do Sul apresenta clima tropical com temperatura média anual que oscila entre 18°C e 24°C. O regime de chuvas é caracterizado por um período seco, que se estende de junho a setembro, e período muito chuvoso, que abrange os meses de novembro a janeiro, quando ocorrem as grandes cheias do rio Paraíba do Sul.

Os maiores índices pluviométricos ocorrem no trecho paulista da serra do Mar e a precipitação anual chega a ultrapassar 2.000 mm. As menores pluviosidades ocorrem em uma estreita faixa do médio Paraíba e no curso inferior da bacia com precipitação anual entre 1.000 mm e 1.250 mm (SECRETÁRIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS, 2010).

A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul possui economia atuante, com altos índices de arrecadação de impostos, uma rede industrial diversificada, relevantes centros de pesquisa e tecnologia avançada para o país (ARGUELO e SAUSEN, 2007). A população da UGRHI 2, comparada às demais UGRHI's do Estado de São Paulo, apresenta a terceira maior população. São José dos Campos é o pólo regional dessa Unidade de Gerenciamento e, também, o segundo município de maior destaque no interior do Estado. Três municípios, São José dos Campos, Taubaté e Jacareí, concentram 55% da população total da UGRHI 2 (SECRETÁRIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS, 2010).

A região que compõe a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul possui indústrias, responsáveis por 10% do PIB brasileiro. O abastecimento de água proveniente da bacia atinge aproximadamente 14 milhões de habitantes distribuídos por toda sua extensão, construindo sua principal forma de uso, além das atividades de consumo secundárias, tais como: agricultura e pecuária (PEREIRA e JONHSSON, 2003).

Os municípios da UGRHI 2 estão posicionados ao longo do principal eixo econômico do País, formado pelas duas maiores metrópoles do Brasil: São Paulo e Rio de Janeiro.

Para Pereira e Jonhsson (2003), a bacia hidrográfica do Paraíba do Sul tem seu potencial hídrico utilizado majoritariamente para hidrelétricas, depois abastecimento público, indústrias e finalmente para irrigação.

As características da bacia propiciaram o surgimento de importantes pólo de desenvolvimento, não só do Estado como também de projeção nacional. São José dos Campos se destaca por possuir um parque industrial diversificado e centros de pesquisa tecnológica o

que lhe confere uma situação privilegiada, não apenas em termos de estrutura produtiva, como também por poder contar com mão-de-obra altamente especializada.

Os principais ramos industriais da UGRHI 2 são: aeronáutica, papel e celulose, automobilística, química, mecânica e eletroeletrônica. A atividade extrativa mineral é recorrente nas áreas de várzeas. As atividades agrícola e pecuária têm maior expressão nos municípios com menor poluição, porém de pouca relevância no contexto do Estado de São Paulo (Figura 2). (SECRETÁRIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS, 2010).

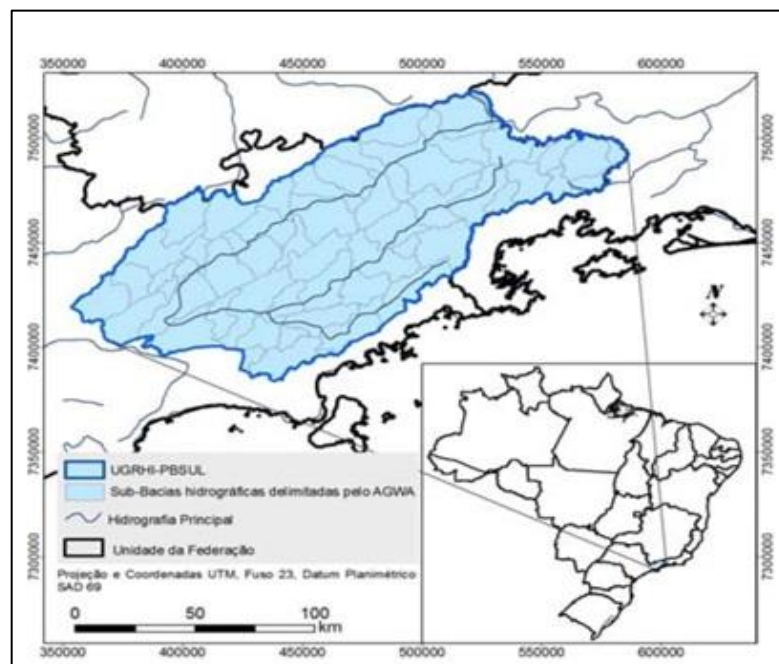


Figura 2: Localização da UGRHI 2 – Paraíba do Sul no Brasil.  
Fonte: Secretária de Saneamento e Recursos Hídricos-SP, 2010.

Na UGRHI 2 situam-se 34 municípios: Aparecida, Arapeí, Areias, Bananal, Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Cruzeiro, Cunha, Guararema, Guaratinguetá, Igaratá, Jacareí, Jambuí, Lagoinha, Lavrinhas, Lorena, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Paraibuna, Pindamonhangaba, Piquete, Potim, Queluz, Redenção da Serra, Roseira, Santa Branca, Santa Isabel, São José do Barreiro, São José dos Campos, São Luiz do Paraitinga, Silveiras, Taubaté e Tremembé.

O gerenciamento de recursos hídricos no Estado de São Paulo passou a ser feito por meio de (UGRHI's) com a Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, que dividiu o Estado em 22 unidades. A UGRHI 2 é definida pela bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul; seus limites são: ao norte, com a UGRHI 01 (Serra da Mantiqueira), além do Estado de Minas Gerais; a oeste com a UGRHI 05 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí) e com a UGRHI 06 (Alto Tietê), sendo que esta última também faz o limite sudoeste; ao sul, com a UGRHI 03 (Litoral Norte) e a leste e nordeste, com os Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

O Vale do Paraíba paulista apresenta uma população de pouco mais de dois milhões de habitantes e localiza-se a leste do Estado de São Paulo, servindo de ligação entre São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Encontra-se entre as serras do Mar e da Mantiqueira e é cortada pela rodovia Presidente Dutra.

### **3.2 - O CULTIVO DO EUCALIPTO**

No Brasil, os seguintes fatores são levados em consideração para a escolha da espécie mais adequada a ser cultivada: as características geológicas e climáticas: temperatura e ocorrência de chuvas da área de interesse, a destinação da produção (setor produtivo envolvido) e as próprias características da espécie (variedade ou híbrido).

Segundo Freitas Junior et al. (2012), devido à sua grande capacidade de adaptação a diferentes condições geológicas, principalmente em áreas tropicais, e às numerosas possibilidades de uso, com destaque como matéria-prima da indústria de papel e celulose, os plantios de eucaliptos para fins produtivos têm sido implantados no Brasil e, mais especificamente, na região do Vale do Paraíba paulista.

Segundo Lima (1996), um motivo para o eucalipto dominar o setor de papel e celulose estava vinculado ao fato de que os países tropicais não mais possuem áreas para o fornecimento adequado de madeira para a geração de energia, devido à diminuição das florestas nativas e à crescente demanda proporcionada pelo aumento populacional.

No caso da região do Vale do Paraíba paulista a inserção e, a expansão dos cultivos de eucalipto se deve a uma conjunção de fatores de ordem natural e a fatores históricos, econômicos, tecnológicos, políticos e outros, nos últimos vinte anos, com diversos impactos socioambientais positivos (FREITAS JUNIOR, 2011).

Visto que mesmo os estudos históricos sobre os eucaliptos, têm sido realizados pelos profissionais das ciências biológicas, considera-se importante também, que sejam desenvolvidos mais trabalhos envolvendo os eucaliptos nas áreas de ciências humanas.

### **3.3 - BASE CARTOGRÁFICA**

Mapas são representações espaciais da informação e quando esta informação pode ser caracterizada por sua locação em um mapa, este se torna um padrão espacial e, sendo os padrões espaciais apenas outra forma de informação, estas podem ser analisadas por diferentes técnicas estatísticas (SANTOS et al, 2012).

Este trabalho envolveu a identificação de talhões de eucalipto em 2013 com base na análise e interpretação das imagens Landsat-8 (2013), seguindo a metodologia do trabalho de Arguello et al. (2010). Usou-se como referência inicial o mapeamento realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo (IF) relativo ao ano base de 2000 (KRONKA, 2002). Dessa forma, foi realizada a classificação digital das imagens para obtenção das áreas de ocorrência dos plantios em 2013 na região da UGRHI 2. Usou-se para o georreferenciamento as cartas topográficas 1:50.000 do IBGE. Com base na análise e classificação digital das imagens Landsat-8 de 2013, foi feito o mapeamento das áreas de eucalipto utilizando-se o aplicativo SPRING (CAMARA et al., 1996), e comparado com a base digitalizada do Instituto Florestal de São Paulo (KRONKA, 2002; Figura 3).

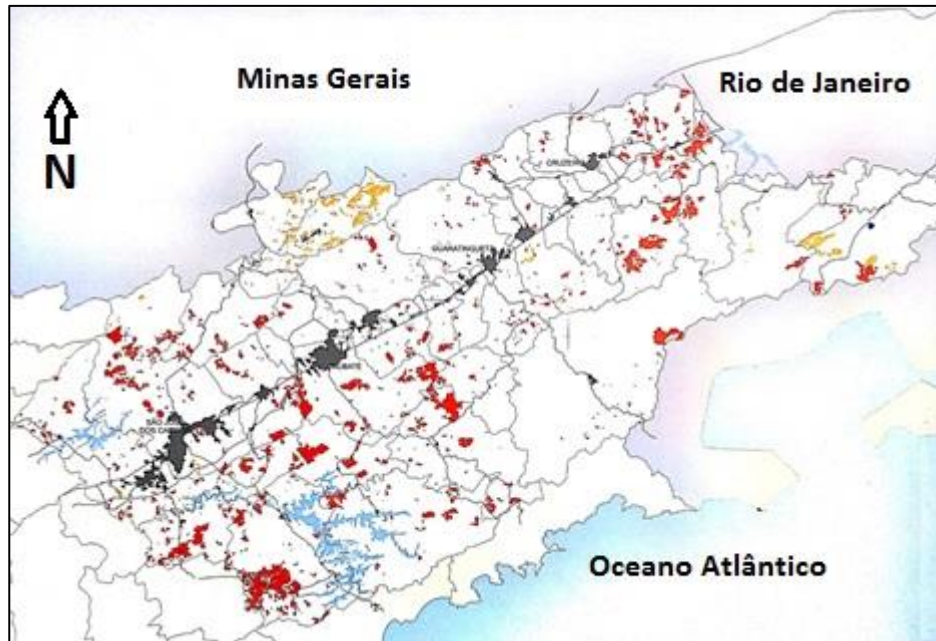


Figura 3: Mapa resultante do Inventário Florestal de São Paulo ano 2000 contendo áreas plantadas com eucalipto em vermelho e pinus em amarelo na URGHI 2.  
Fonte: Kronka (2002).

### 3.4 - PROCESSAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE

O satélite Landsat-8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, com 30m de resolução espacial, dois sensores, o sensor Operational Land Imager (OLI) e o sensor infravermelho termal (TIRS), mais de 500 imagens por dia são captadas e arquivadas com dados Landsat no Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), centro de Ciência e Observação de Recursos Terrestres (EROS), Dakota do Sul, EUA e disponibilizadas gratuitamente via Internet em: [earthexplorer.usgs.gov/](http://earthexplorer.usgs.gov/), dados Landsat têm sido utilizados para mapeamento e monitoramento da cobertura do solo e das propriedades biofísicas e geofísicas da superfície terrestre (ROY, et al., 2014).

A Tabela 1 descreve os produtos OLI do Landsat-8, consistem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9). A banda 8 do instrumento OLI é pancromática. Possui resolução espacial de 15 metros. A banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos costeiros e aerossol. A banda 9 (cirrus) é útil para a detecção de nuvens. As faixas térmicas 10 e 11 pertencem ao instrumento imageador TIRS. As faixas térmicas do instrumento TIRS são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície da terra, os dados coletados são representados em pixels de 100 metros de

resolução espacial. O tamanho aproximado da cena Landsat-8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste (USGS, 2014) <sup>3</sup>.

Tabela 1: Características espectrais dos instrumentos imageadores OLI e TIRS a bordo do Landsat-8.

<b>Landsat-8 Característica das Bandas</b>	<b>Comprimento de onda (micrômetros)</b>	<b>Resolução (metros)</b>
Operacional Land Imager (OLI) Bandas 1 a 9 e Thermal infrared Sensor (TIRS) Bandas 10 e 11		
<b>Largura de Faixa</b>	170x185 km	
<b>Band 1 – Aerosol Costeiro</b>	0,43 – 0,45	30
<b>Band 2 – Azul</b>	0,45 – 0,51	30
<b>Band 3 – Verde</b>	0,53 – 0,59	30
<b>Band 4 – Vermelho</b>	0,64 – 0,67	30
<b>Band 5 – Infra Vermelho próximo (NIR)</b>	0,85 – 0,88	30
<b>Band 6 – Ondas curtas IR (SWIR 1)</b>	1,57 – 1,65	30
<b>Band 7 – Ondas curtas IR (SWIR 2)</b>	2,11 – 2,29	30
<b>Band 8 – Pancromática</b>	0,50 – 0,68	15
<b>Band 9 – Nuvens</b>	1,36 – 1,38	30
<b>Band 10 – Infra Vermelho Termal (TIRS) 1</b>	10,60 – 11,19	100
<b>Band 11 – Infra Vermelho Termal (TIRS) 2</b>	11,50 – 12,51	100
<b>Resolução Radiométrica</b>	16 Bits	
<b>Projeção</b>	Projeção UTM, Datum WGS 1984	
<b>Revisita</b>	16 dias	
<b>Órbita</b>	Heliossíncrona (altitude de 705 km)	

Fonte: United States Geological Survey (USGS, 2014).

<sup>3</sup> United States Geological Survey (USGS) (em português, "Serviço Geológico dos Estados Unidos") é uma instituição científica, multidisciplinar e imparcial que se dedica ao estudo da topografia, dos recursos naturais, e dos desastres naturais; concentrando-se em biologia, geografia, geologia, informação geomática, e em água.



### 3.5 - MANIPULAÇÃO DE CONTRASTE

A imagem original foi editada pela função de contraste apresentada no SPRING, com a qual o usuário tem controle dos pontos iniciais e finais do histograma de representação dos níveis de cinza de cada canal da imagem selecionada. Dessa forma, alteraram-se os histogramas de distribuição de níveis de cinza das diversas bandas para realçar de forma contrastadas as diversas classes de cobertura do solo nas imagens (Figura 4). Histogramas coloridos apresentam a distribuição dos pixels da imagem original em relação aos 256 níveis de cinza possíveis; as retas coloridas representam as funções lineares aplicadas sobre estes histogramas.



Figura 4: Imagem de satélite ajustada espectralmente para destacar o eucalipto em verde claro nas três bandas RGB-654.

Para a classificação das áreas plantadas com eucalipto é necessária a identificação e seleção de amostras de cada classe temática para posterior treinamento do classificador. Para a análise preliminar e auxílio na coleta de amostras de treinamento nas imagens Landsat, foram usadas imagens do Google Earth, de alta resolução que permitiram a identificação dos talhões de eucalipto, conforme ilustrado na cor verde da Figura 5.





Figura 5: Imagem do Google Earth de alta resolução (esquerda) e áreas ocupadas com plantios de eucalipto em composição RGB-654 do Landsat-8, porção leste município de Redenção da Serra-SP (direita). Número 1 uso urbano e solo exposto, número 2 plantio de eucalipto e número 3 área com floresta.

Para melhorar a resolução espacial e ao mesmo tempo manter a resolução espectral do Landsat-8, as bandas 6, 5 da faixa do infravermelho médio e próximo mais a banda 4 do vermelho foram fusionadas com a banda 8, pancromática de 15m para facilitar a identificação dos talhões de eucalipto (Figura 6) e, portanto, fazer a seleção das amostras de treinamento para a classificação digital.

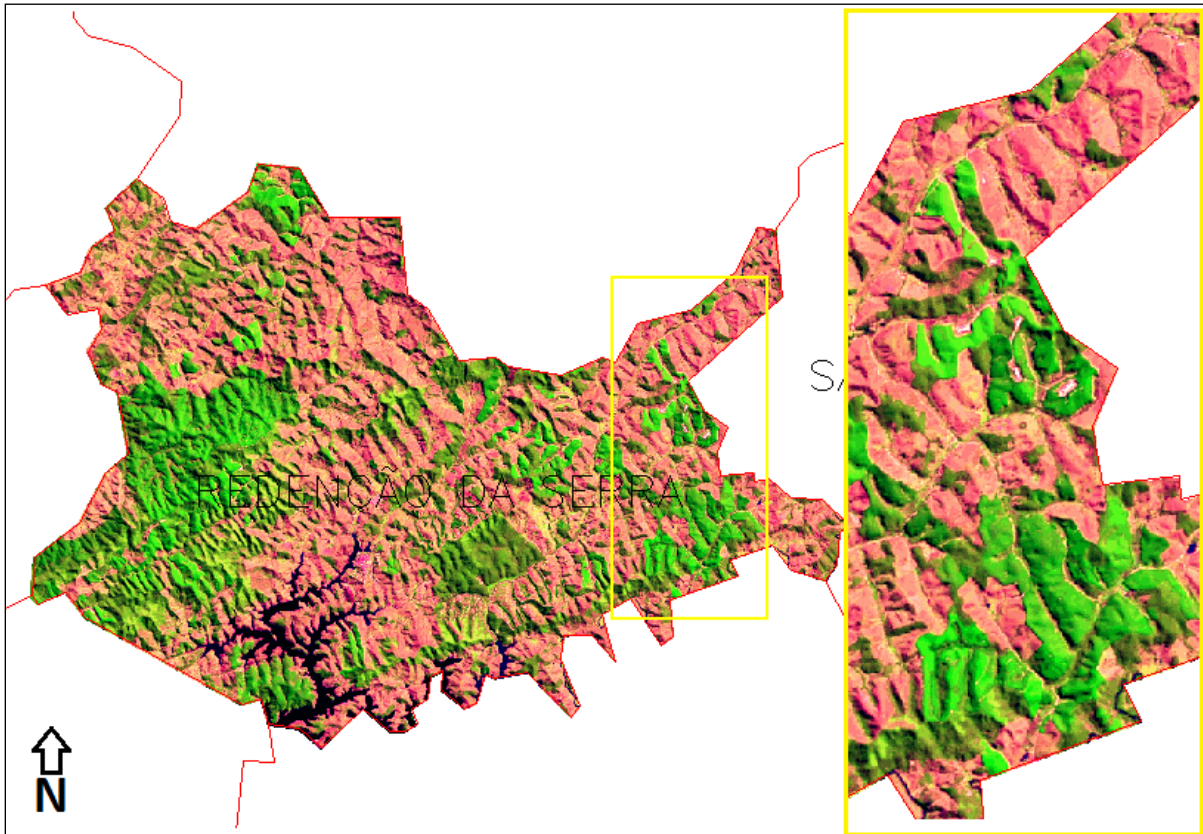


Figura 6: Exemplo dos talhões com formações do reflorestamento de eucalipto em tons esverdeados na composição (bandas RGB-654) do mosaico de imagens Landsat-8 de 2013, no município de Redenção da Serra (trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul).

Na metodologia de classificação das áreas de eucalipto, a principal dificuldade é diagnosticar talhões em reforma, recém-colhidos, ou com idade menor do que aproximadamente dois anos. Como alternativa, pode ser aplicada a análise multitemporal, que consiste na extração de informações provenientes de dados de um mesmo local obtidos em momentos distintos, permite observar mudanças por variações presentes na série analisada.

### 3.6 - SEGMENTAÇÃO DAS IMAGENS

O crescimento de regiões é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente este processo de segmentação rotula cada pixel como sendo uma região distinta. A partir daí são agrupados os pixels com valores de similaridade ao limiar definido pelo usuário, baseado em um teste de hipótese estatístico realizado com as médias entre as regiões. Com isto a imagem é fragmentada em polígonos, os quais são reagrupados a seguir, segundo um limiar de agregação (tamanho mínimo aceitável para uma sub-região), definidas também pelo usuário (CAMARA et al., 1996).

Inicialmente no processo da classificação digital foi feita a segmentação da imagem, esse processo trata de medir a distância média entre as distribuições de probabilidades dessas classes para agrupar regiões (Figura 7). As amostras de treinamento foram os objetos gerados na segmentação pelos valores de similaridades: 15 tons de cinza e área de pixel: 20 ou 0,45 ha. O classificador Bhattacharya se aplica sobre o resultado do processo de segmentação, ou seja, classifica-se um conjunto de pixels, gerando áreas contínuas.

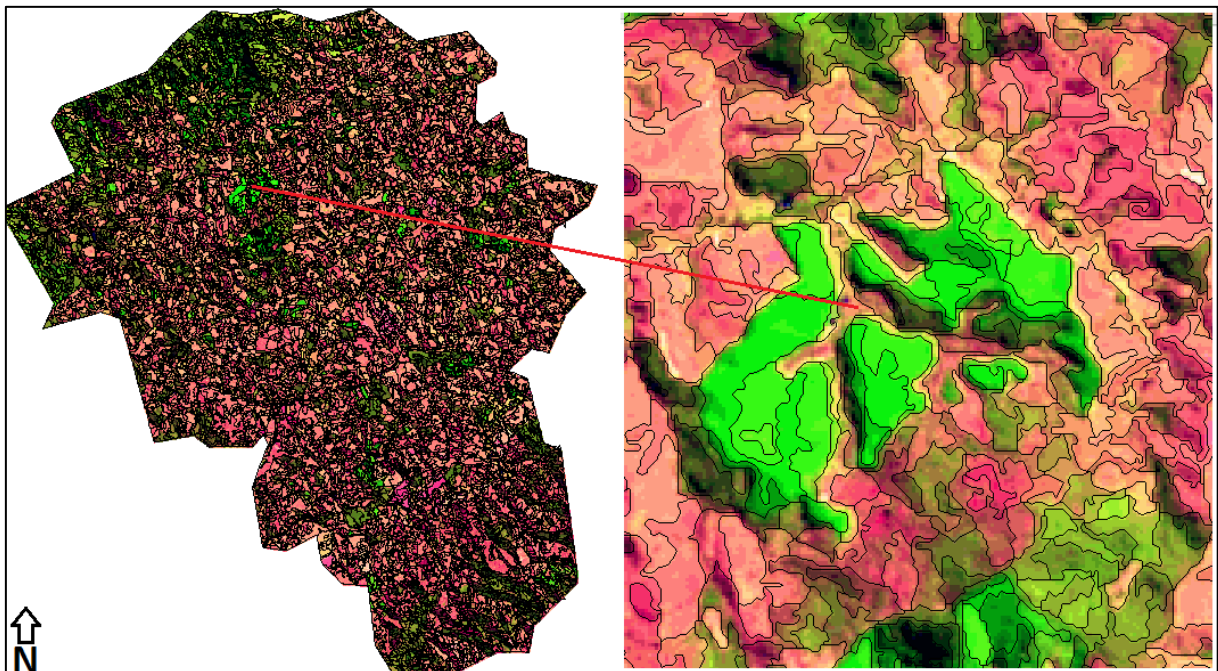


Figura 7: Exemplo do resultado de segmentação (polígonos contornados por linhas pretas) sobreposto à composição colorida (bandas RGB-654) do mosaico de imagens Landsat-8, município de Lagoinha.

### 3.7 - CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM

O primeiro passo da classificação foi identificar plantios homogêneos de eucalipto (Figura 8). Para alcançar o objetivo, a composição RGB-654 do Landsat-8 foi utilizada com ajuste no contraste, por apresentar visualmente menor confusão entre as classes de eucalipto e de floresta nativas. Foram obtidas amostras de aquisição (para análise) e amostras para teste distribuídas na imagem. O limiar de aceitação utilizado que forneceu melhor resultado foi de 82,67%. Esse limiar engloba 82,67% dos "pixels", sendo que 17,33% de menor probabilidade serão ignorados, compensando a possibilidade de alguns "pixels" terem sido introduzidos no treinamento por engano, nesta classe, ou estarem no limite entre duas classes diferentes. Um resultado de classificação ideal deve apresentar os valores próximos a 100%, se não houver confusão entre as classes analisadas. Porém, esta é uma situação pouco provável em imagens com alvos de características espectrais semelhantes.

Para aquisição das amostras, este método de classificação parte do pressuposto que o usuário conheça previamente a área analisada, bem como a distribuição das classes, para que desta forma, quando da aplicação da classificação, a seleção de amostras de treinamento possa ser o mais eficiente possível (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007).

Fator importante para a sua eficácia, é a obtenção de uma precisão razoável da estimativa do vetor médio e da matriz de covariância de toda a classe espectral. Fato este dependente da quantidade de pixels incluídos nas amostras de treinamento (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007).



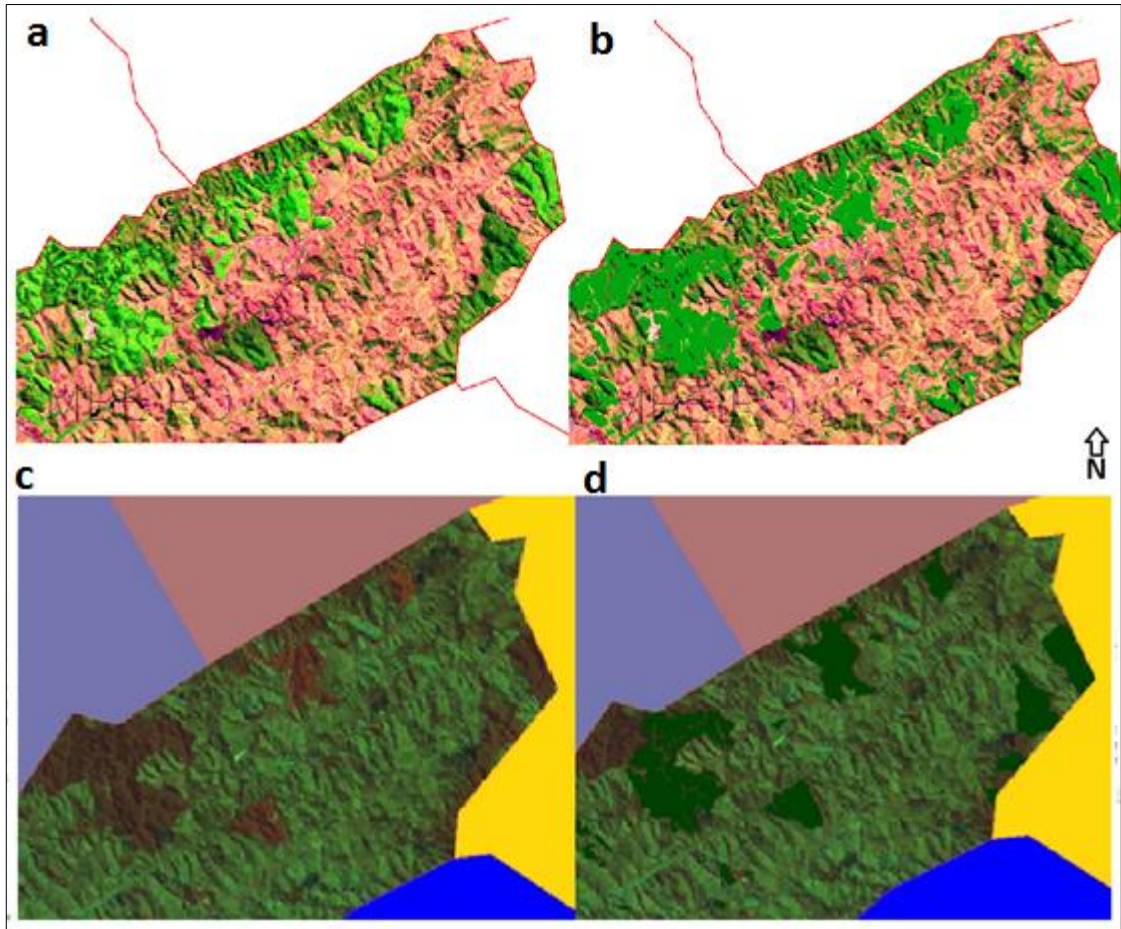


Figura 8: Exemplo dos polígonos com a atualização dos novos plantios em tons verde-claro (a) na composição colorida e contraste entre as bandas RGB-654, e, imagem b com tom verde escuro representa a classificação do plantio de eucalipto, no município de Jambeiro, mosaico de imagens LANDSAT-8 2013. A imagem c representa os polígonos em tom avermelhado, já classificados pelo IF e, imagem d classificada em verde escuro, município de Jambeiro na composição colorida (bandas 345-BRG) do mosaico de imagens TM 2000.

Com base em Kronka (2002), analisou-se a distribuição das áreas ocupadas por reflorestamentos de eucalipto no ano 2000, o que facilitou a classificação das áreas ocupadas por eucalipto no ano 2013 pela sobreposição da imagem digitalizada do IF. Desta forma, foi possível a correção de eventuais áreas classificadas erroneamente. A Figura 9 ilustra este procedimento metodológico na região de Taubaté e São José dos Campos.

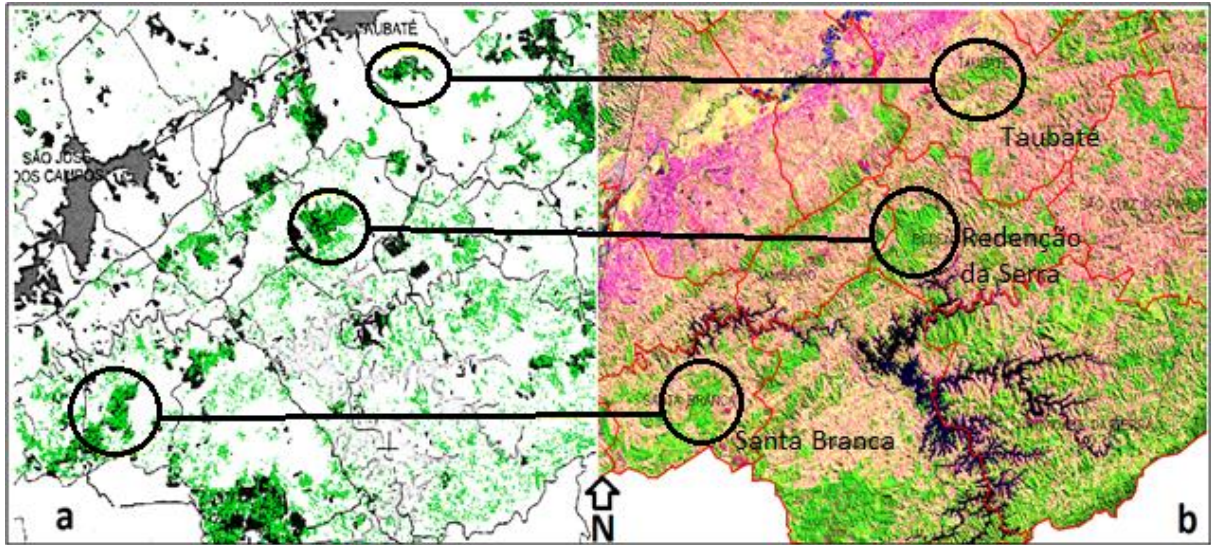


Figura 9: a) A esquerda mapa de áreas ocupadas com plantios de eucalipto na cor preta (IF, 2000) e sobreposto na cor verde (deste trabalho) as áreas ocupadas com eucalipto, ano 2013; b) A direita plantios de eucalipto em tons verde-claro na composição RGB-654 do Landsat-8 de 2013. Os círculos na cor preta comparando talhões de eucalipto nos municípios de Santa Branca, Redenção da Serra e Taubaté.

A correção nos mapas produzidos exigiria trabalho de campo intenso, edição manual de fotografias de melhor resolução ou comparações entre imagens do período de um ciclo do eucalipto (variável entre as espécies e finalidades), além de informações cartográficas adicionais de empresas do setor.

### 3.8 – PRINCIPAIS ETAPAS DA METODOLOGIA

Com objetivo de analisar a dependência espacial dos dados de reflorestamento, foi construído um banco de dados contendo as áreas de eucalipto de cada município estudado. A planilha foi criada no Excel, salva no formato CSV e importada pelo programa TerraView 4.2.2 de acesso público e desenvolvido pelo INPE (<http://www.dpi.inpe.br/>) e a base digital da região do Vale do Paraíba Paulista do IBGE, escala 1:50.000.

A malha municipal de todos os municípios que compõem a bacia, com base em dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é disponibilizada pelo banco de dados do projeto SPRING (CAMARA et al., 1996). Os dados analisados foram: limites e áreas dos municípios do Vale do Paraíba Paulista na UGRHI 2; reflorestamento em 2013; reflorestamento em 2010; reflorestamento em 2007; reflorestamento em 2000 (Tabela 2).

Para uma visão geral da intensidade do reflorestamento na área de estudo gerou-se os mapas Kernel com os dados dos plantios de eucalipto de cada município da UGRHI 2. O Mapa de Kernel é uma ferramenta que permite analisar o comportamento de padrões de pontos. Basicamente o Mapa de Kernel fornece, por meio de interpolação, a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo. (DRUK et al., 2004).

O Kernel possibilita a estimativa da intensidade das ocorrências em toda a área, mesmo nas regiões onde o processo não tenha gerado nenhuma ocorrência real.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 - ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DAS ÁREAS DE EUCALIPTO E MAPAS KERNEL ENTRE 2000, 2007, 2010 E 2013.**

#### **4.1.1 - ESTIMATIVA DO IF 2000**

O projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo envolveu uma pesquisa quantitativa sobre os dados do ano 2000, obtidos a partir das imagens de satélite datadas de 1999 e 2000, quantificando todas as áreas de reflorestamento com as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* plantadas no Estado de São Paulo por meio do uso de ferramentas do Geoprocessamento (KRONKA, 2002). Resultados deste inventário revelaram uma área de 76200 ha para a região correspondente à UGRHI 2.

#### **4.1.2 - ESTIMATIVA DE 2007**

Os dados da estimativa das áreas plantadas foram comparados com os dados referentes ao ano de 2000 do IF e revelou um aumento de 32,2% na área plantada com eucalipto na região até 2007. O resultado da estimativa de 2007 foi comparado com dados do Projeto LUPA da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo referente a 2007 e apenas uma diferença de 1,4% foi encontrada, considerando o conjunto de todos os municípios (ARGUELLO, 2010).

Segundo Arguello (2010), a pesquisa teve por objetivo avaliar a expansão da área plantada com eucalipto, por município, na UGRHI 2 entre 2000 e 2007. A metodologia envolveu a identificação e o mapeamento de talhões de eucalipto em 2007 com base na análise e interpretação das imagens TM/Landsat-5 (2006/2007) usando como referência o mapeamento realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo (IF) relativo ao ano base de 2000.

#### **4.1.3 - ESTIMATIVA DE 2010**

Análise das Áreas Reflorestadas na UGRHI 2 sobre imagens de satélite do ano 2010 disponibilizadas na internet no catálogo de imagens do INPE, com a quantificação das áreas de reflorestamento com as espécies de *Eucalyptus* plantadas na área de estudo por meio do uso de ferramentas do Geoprocessamento.

Batista et al. (2010) revelaram que a estimativa total de reflorestamento considerando os municípios da UGRHI 2 para o ano 2010, com base no geoprocessamento das imagens foi



de aproximadamente 115.939 ha. Apresentou um aumento de 15% em relação ao ano de 2007, correspondente a aproximadamente 15.000 ha.

#### 4.1.4 - ESTIMATIVA DE 2013

Na quantificação das áreas de eucalipto em 2013 foram apresentados os valores em hectares, para todos os municípios situados da UGRHI 2. Os resultados da análise do ano 2013 foram comparados aos dados dos anos 2000, 2007 e 2010 e calculados a partir da base digital, contida no projeto Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo (KRONKA, 2002) referente ao ano 2000, das áreas quantificadas com eucalipto por Arguelo (2010) referente a 2007 e da pesquisa de Batista et al. (2010) da estimativa total de reflorestamento para o ano 2010.

Conforme Kronka (2002), não havia plantações significantes de eucaliptocultura no Vale do Paraíba até 1971, contudo, com incentivos governamentais, em 1991 já havia 70.700 ha plantados, equivalente a 9,8% das áreas plantadas no Estado de São Paulo. Os dados analisados foram: limites e áreas dos municípios do Vale do Paraíba Paulista na UGRHI 2; reflorestamento em 2000; reflorestamento em 2007; reflorestamento 2010; reflorestamento em 2013; foi utilizada para o cruzamento dos dados, como mostrado na Tabela 2.

Na Figura 10, pelo crescimento mostrado no gráfico, pode ser observada a evolução do interesse pela região para plantação do eucalipto, em que, fica evidente a evolução da cultura nos anos estudados. Os dados citados são referentes aos anos 2000, 2007, 2010 e 2013 por município representado em ha, em ordem decrescente indexado pelo ano 2013.

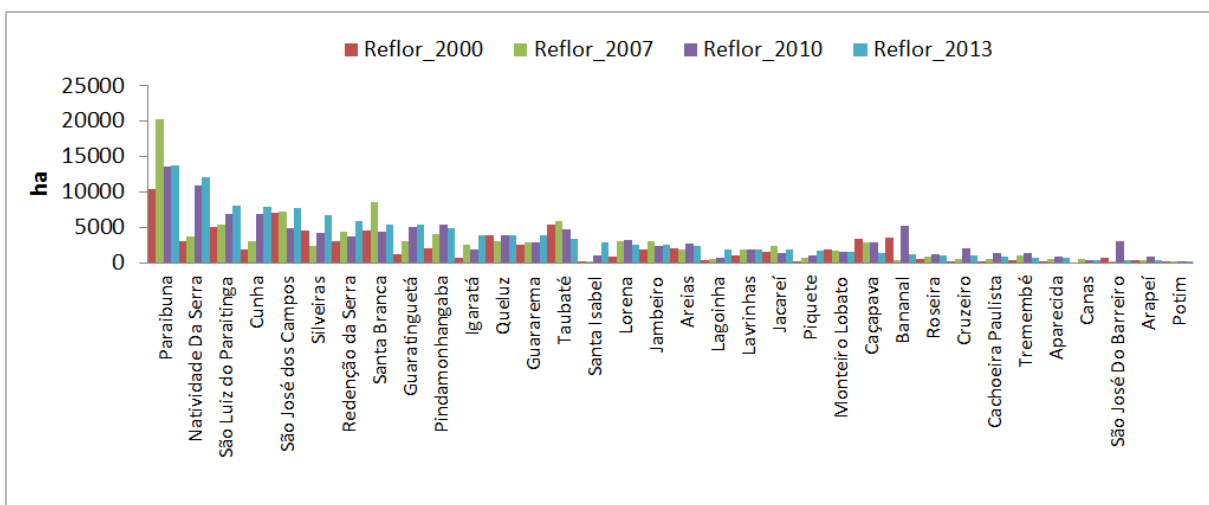


Figura 10: Área ocupada com eucaliptocultura nos anos 2000<sup>1</sup>, 2007<sup>2</sup>, 2010<sup>3</sup> e 2013 nos 34 municípios que compõem a UGRHI 2 ordenados em ordem decrescente de área do ano de 2010.

Fonte: Kronka (2002)<sup>1</sup>; Arguello (2010)<sup>2</sup>; Batista et al. (2010).

Tabela 2: Áreas plantadas (ha) com eucalipto referente aos anos 2000, 2007, 2010 e 2013 com os municípios ordenados em ordem decrescente com base em 2013.

<b>Municípios<sup>1</sup></b>	<b>Área territorial</b>	<b>Reflorestamento 2000<sup>2</sup></b>	<b>Reflorestamento 2007<sup>3</sup></b>	<b>Reflorestamento 2010<sup>4</sup></b>	<b>Reflorestamento 2013</b>
Paraibuna	80979	10471	20283	13683	13854
Natividade Da Serra	83261	3130	3726	10968	12134
São Luiz do Paraitinga	61715	5065	5482	6963	8108
Cunha	140717	1847	3017	6952	7956
São José dos Campos	109961	7029	7237	4907	7812
Silveiras	41470	4557	2417	4278	6761
Redenção da Serra	30911	3151	4065	3681	5862
Santa Branca	27500	4577	8603	4468	5395
Guaratinguetá	75144	1281	3047	5076	5383
Pindamonhangaba	73017	2059	4112	5482	4869
Igaratá	29332	741	2630	1918	3972
Queluz	24941	3927	3055	3876	3881
Guararema	27050	2563	2961	2889	3872
Taubaté	62592	5362	6011	4685	3432
Santa Isabel	36149	254	271	1106	2872
Lorena	41378	940	3014	3191	2608
Jambeiro	18376	1915	3097	2459	2593
Areias	30657	2027	1962	2816	2377
Lagoinha	25592	477	657	692	1901
Lavrinhas	16686	1139	1841	1898	1897
Jacareí	46007	1658	2350	1416	1847
Piquete	17588	179	772	1029	1812
Monteiro Lobato	33274	1921	1725	1521	1584
Caçapava	36991	3372	2896	2854	1460
Bananal	61632	3559	414	5327	1296
Roseira	13019	563	976	1314	1048
Cruzeiro	30457	183	564	2048	1002
Cachoeira Paulista	28784	267	513	1346	940
Tremembé	19242	439	1037	1478	818
Aparecida	12094	269	597	842	701
Canas	5349	0	596	449	442
São José Do Barreiro	57063	817	73	3131	412
Arapeí	15571	401	338	988	389
Potim	4465	27	54	208	31
<b>Total</b>	<b>1418964</b>	<b>76200</b>	<b>100742</b>	<b>115939</b>	<b>121321</b>

Fonte: Municípios da UGRHI 2 <sup>1</sup>; Kronka (2002) <sup>2</sup>; Arguello (2010) <sup>3</sup>; Batista et al. (2010) <sup>4</sup>.

Conforme Arguello (2010), a extensão territorial da bacia hidrográfica Paraíba do Sul foi calculada em 1.418.964 ha. Essa pesquisa revelou que em 2013 8,5% (121.123 ha) estavam ocupados por reflorestamento com eucalipto, em relação ao ano 2000 a proporção do cultivo de eucalipto na bacia hidrográfica aumentou em 59,2% (Tabela 3).

Tabela 3: Diferença em (%) porcentagem da área plantada com eucalipto entre 2000 e 2013.

Municípios <sup>1</sup>	Área	Reflorestamento	Reflorestamento	Diferença %
	Territorial <sup>1</sup>	2000 <sup>2</sup>	2013	2013-2000
Santa Isabel	36149	254	2872	1030,7
Piquete	17588	179	1812	912,3
Cruzeiro	30457	183	1002	447,5
Igaratá	29332	741	3972	436,0
Cunha	140717	1847	7956	330,8
Guaratinguetá	75144	1281	5383	320,2
Lagoinha	25592	477	1901	298,5
Natividade Da Serra	83261	3130	12134	287,7
Cachoeira Paulista	28784	267	940	252,1
Lorena	41378	940	2608	177,5
Aparecida	12094	269	701	160,6
Pindamonhangaba	73017	2059	4869	136,5
Tremembé	19242	439	818	86,3
Roseira	13019	563	1048	86,2
Redenção da Serra	30911	3151	5862	86,0
Lavrinhas	16686	1139	1897	66,6
São Luiz do Paraitinga	61715	5065	8108	60,1
Guararema	27050	2563	3872	51,1
Silveiras	41470	4557	6761	48,4
Jambeiro	18376	1915	2593	35,4
Paraibuna	80979	10471	13854	32,3
Santa Branca	27500	4577	5395	17,9
Areias	30657	2027	2377	17,3
Potim	4465	27	31	14,8
Jacareí	46007	1658	1847	11,4
São José dos Campos	109961	7029	7812	11,1
Canas	5349	0	442	0,0
Queluz	24941	3927	3881	-1,2
Arapeí	15571	401	389	-3,0
Monteiro Lobato	33274	1921	1584	-17,5
Taubaté	62592	5362	3432	-36,0
São José Do Barreiro	57063	817	412	-49,6
Caçapava	36991	3372	1460	-56,7
Bananal	61632	3559	1296	-63,6
<b>Total</b>	1418964	76200	121321	59,2

Fonte: Municípios da UGRHI 2<sup>1</sup>; Kronka (2002) <sup>2</sup>; Arguello (2010) <sup>3</sup>; Batista et al. (2010) <sup>4</sup>.

Muito provável que esse aumento se intensificou pelas ofertas aos proprietários pelas empresas do ramo de papel e celulose que incentivaram o plantio de eucalipto, garantindo a compra das áreas produzidas.

Segundo Arguello (2010), essa estratégia empresarial desencadeou um processo de uso da terra preocupante no trecho UGRHI 2, pois, pequenos e médios proprietários de terras teriam aderido a essa proposta, plantando os eucaliptais em áreas que deveriam ser preservadas ou recuperadas para abrigar espécies da flora e fauna da região.

A eucaliptocultura mostra-se como tendência atual de expansão no Vale do Paraíba, mostrando um novo ciclo, depois da cana de açúcar e o café, verifica-se a presença forte da iniciativa privada e do Estado, com Plano de Manejo e Desenvolvimento Sustentável (SANTOS & SANTOS, 2010).

O setor de florestas plantadas tem forte participação na economia nacional. Dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2011) indicam que, em 2012, o valor bruto da produção obtido pelo setor totalizou R\$ 56,3 bilhões. Já os tributos arrecadados corresponderam a R\$ 7,6 bilhões 0,5% da arrecadação nacional (EMBRAPA, 2014). Levantamentos de informações realizados pelo IBGE mostraram que o Produto Interno Bruto (PIB), obteve crescimento, em 2013, de 2,3%, atingindo o patamar, em valor absoluto, de R\$ 4,8 trilhões.

Com aumento das áreas plantadas com eucalipto, aumenta a necessidade de mais circulação de pessoas, produtos (estradas, pontes, silos, terras para cultivo, etc.) e dos bens da empresa (o maquinário, veículos, sementes especializadas, fertilizantes, pesticidas, etc.). O papel desta, na transformação da produção e do espaço, torna-se fundamental o planejamento. Isso depende também da regulação do Estado na organização dos regulamentos dessa atividade.

Na Figura 11 visão geral da evolução das áreas plantadas com eucalipto na UGRHI 2 nos 13 anos do período de estudo.

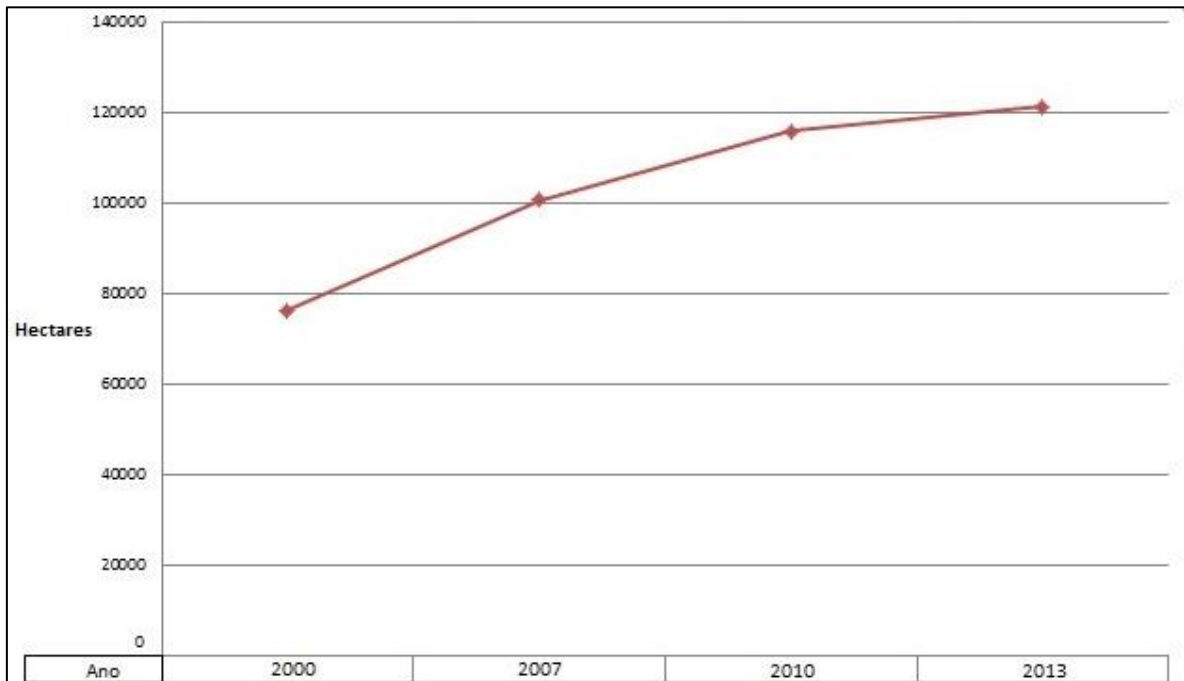


Figura 11: Evolução das áreas ocupadas com plantios de eucalipto nos anos 2000<sup>1</sup>, 2007<sup>2</sup>, 2010<sup>3</sup> e 2013.

Fonte: Kronka (2002)<sup>1</sup>; ARGUELLO (2010)<sup>2</sup>; Batista et al. (2010)<sup>3</sup>.

A média de crescimento da área ocupada com eucaliptos para o Estado de São Paulo foi de 26,9% no período compreendido entre os anos de 1997 e 2008, e no Vale do Paraíba Paulista 31,8% no mesmo período (FREITAS JUNIOR, 2011).

Na pesquisa de Arguello (2010) o período entre 2000 e 2007 a área ocupada com eucalipto foi de 32,2%. Mesmo com três anos a mais entre as pesquisas a diferença foi de 0,42%. Foram comparados na Tabela 3 os totais em porcentagem, da plantação de eucalipto, em relação a área de todos município. Verifica-se, conforme Tabela 3, a área cultivada com eucalipto aumentou 59,2 % no período entre 2000 e 2013, considerando-se os 34 municípios da UGRHI 2. Praticamente 5% maior do que a média do Estado de São Paulo (FREITAS, 2011). Santa Isabel foi o município valeparaibano que apresentou a maior expansão dos cultivos de eucaliptos nos treze anos de estudo, com um aumento de 1030% na área cultivada seguido por Piquete com 912,3%.

Tabela 4: Proporção das áreas com reflorestamento de eucalipto em relação a área territorial dos municípios da UGRHI 2.

Municípios <sup>1</sup>	Área Territorial	Reflorestamento 2000 <sup>2</sup> (%)	Reflorestamento 2007 <sup>3</sup> (%)	Reflorestamento 2010 <sup>4</sup> (%)	Reflorestamento 2013 (%)
<b>Santa Branca</b>	27500	16,6	31,3	16,2	19,6
<b>Redenção da Serra</b>	30911	10,2	13,1	12,0	18,9
<b>Paraibuna</b>	80979	12,9	25,0	16,9	17,1
<b>Silveiras</b>	41470	11	5,9	10,3	16,3
<b>Queluz</b>	24941	15,7	12,2	15,5	15,5
<b>Natividade Da Serra</b>	83261	3,7	4,5	13,2	14,5
<b>Guararema</b>	27050	9,5	11,0	10,7	14,3
<b>Jambeiro</b>	18376	10,4	16,8	13,4	14,1
<b>Igaratá</b>	29332	2,5	9,0	6,5	13,5
<b>São Luiz do Paraitinga</b>	61715	8,2	8,9	11,3	13,1
<b>Lavrinhas</b>	16686	6,8	11,0	11,4	11,3
<b>Piquete</b>	17588	1,0	4,4	5,9	10,3
<b>Canas</b>	5349	0,0	11,1	8,4	8,2
<b>Roseira</b>	13019	4,3	7,0	10,1	8,0
<b>Santa Isabel</b>	36149	0,7	0,7	3,0	7,9
<b>Areias</b>	30657	6,6	6,4	9,2	7,7
<b>Lagoinha</b>	25592	1,8	2,6	2,7	7,4
<b>Guaratinguetá</b>	75144	1,7	4,0	6,8	7,1
<b>São José dos Campos</b>	109961	6,4	6,6	4,5	7,1
<b>Pindamonhangaba</b>	73017	2,8	5,6	7,5	6,6
<b>Lorena</b>	41378	2,3	7,3	7,8	6,3
<b>Aparecida</b>	12094	2,2	5,0	7,0	5,8
<b>Cunha</b>	140717	1,31	2,1	5,0	5,6
<b>Taubaté</b>	62592	8,2	9,1	7,1	5,2
<b>Monteiro Lobato</b>	33274	5,8	5,2	4,6	4,7
<b>Tremembé</b>	19242	2,3	5,4	7,7	4,2
<b>Jacareí</b>	46007	3,6	5,1	3,1	4,0
<b>Caçapava</b>	36991	9,1	7,8	7,8	3,9
<b>Cruzeiro</b>	30457	0,6	1,8	6,7	3,2
<b>Cachoeira Paulista</b>	28784	0,9	1,8	4,7	3,2
<b>Arapeí</b>	15571	2,5	2,2	6,3	2,5
<b>Bananal</b>	61632	5,8	0,7	8,6	2,1
<b>São José Do Barreiro</b>	57063	1,4	0,1	5,5	0,7
<b>Potim</b>	4465	0,6	1,2	4,6	0,7
<b>Total</b>	<b>1418964</b>	<b>5,37</b>	<b>7,1</b>	<b>8,17</b>	<b>8,55</b>

Fonte: Municípios da UGRHI 2<sup>1</sup>; Kronka (2002)<sup>2</sup>; Arguello (2010)<sup>3</sup>; Batista et al. (2010)<sup>4</sup>.

Em 2013, as cidades de Santa Branca, Redenção da Serra, Paraibuna, Silveiras e Queluz, respondem por áreas com mais de 15% ocupado com eucalipto em relação a área territorial dos seus municípios. São 35.754 ha de eucalipto plantado, equivalente a 29.3% da área plantada em cinco cidades do Vale do Paraíba Paulista (Figura 12). Paraibuna está próxima à Serra do Mar e de áreas de preservação, tais como Parque Estadual da Serra do Mar e Ilha Anchieta, Estação Ecológica de Bananal, Floresta Nacional de Lorena, Área de Proteção de São Francisco Xavier.

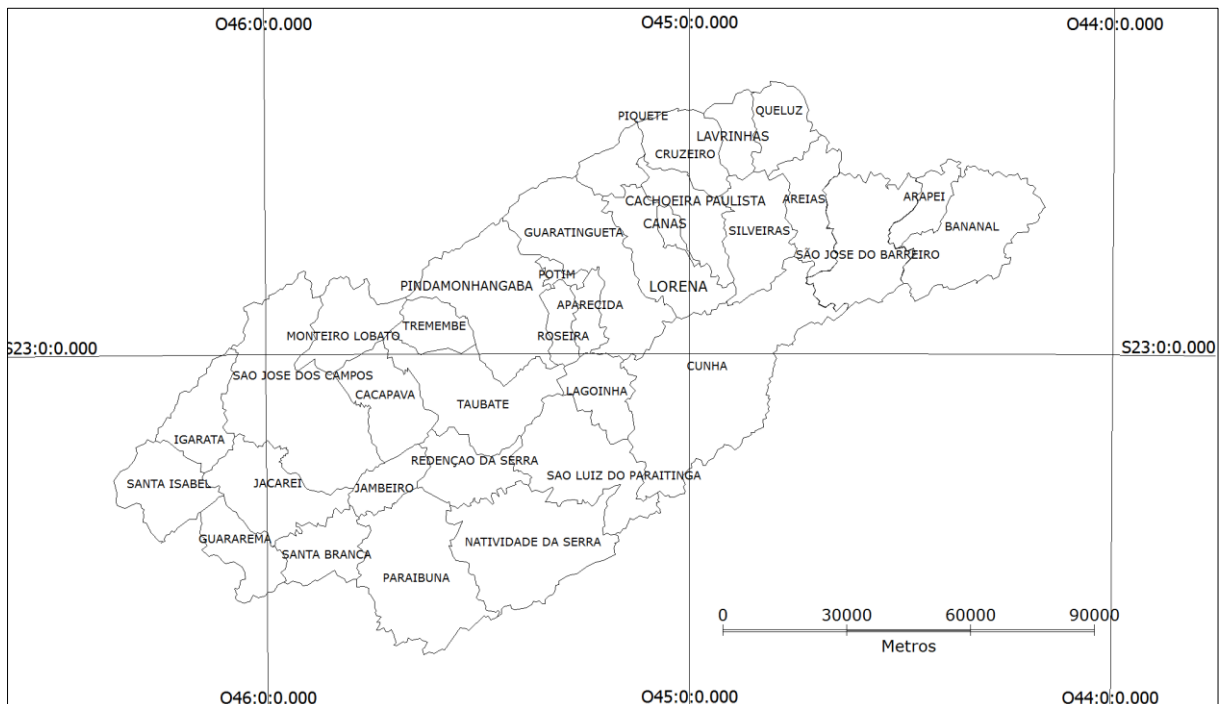


Figura 12: Mapa com os 34 municípios que compõem a UGRHI 2.

São Luiz do Paraitinga-SP que é alvo de tantos questionamentos, em seu Plano Diretor aprovado em 2010, restringiu a área utilizada em plantios florestais de espécies exóticas (eucaliptos e pinus) a no máximo 18% do município. Em 2013 atingiu com 13.1% ocupado por eucalipto, no ano 2010 quando a lei foi aprovada o valor era de 11.2%.

A lei restringe a atividade de silvicultura em São Luiz do Paraitinga. Entretanto a lei não restringe se todo município for plantado com braquiária. O ideal é diversificação do uso do solo. Quando o Cadastro Ambiental Rural (CAR) for divulgado, muito provável que São Luiz do Paraitinga terá área considerável de seu município coberto por pastagens. O grande desafio é integrar esses diferentes usos do solo, a integração lavoura, pecuária e floresta ainda podem ser muito utilizados.

De acordo com essa perspectiva as estimativas realizadas no período de estudo para UGRHI 2 demonstraram que o uso de eucalipto, para exploração de celulose, apresentaram como modelos, com fins econômicos positivo, e, é uma alternativa viável tanto do ponto de vista ecológico como econômico. Atualmente fala-se muito no zoneamento ecológico econômico, que parece ser uma ferramenta bem mais poderosa no planejamento das paisagens. Considera-se que a necessidade de mão-de-obra seja dependente da área plantada, incluindo fazendas próprias, arrendamentos e fomento florestal (SANTOS & SANTOS 2010).

#### **4.1 - ANÁLISE DOS MAPAS KERNEL 2000, 2007, 2010 E 2013.**

Utilizaram-se as técnicas de análise espacial de dados de área incluindo o Mapa Kernel. Os resultados mostraram uma alta ocorrência de reflorestamento na porção Oeste da região ano 2000 no entorno do município de Paraibuna, que possuía 10.470 ha. No município de Silveiras havia ocorrência de outro *hot spot* de áreas reflorestadas. O ano 2007 mostrou forte ocorrência do reflorestamento de eucalipto no município de Paraibuna e municípios em seu entorno. Alguns municípios continuavam praticamente com baixa ocorrência de reflorestamento. O reflorestamento no ano 2007 variou de aproximadamente 54 ha (Potim) a 20.280 ha (Paraibuna) entre os municípios. Para 2010, o aglomerado concentrado ainda continua na porção Oeste da UGRHI 2. Porém, o reflorestamento deste ano apresenta distribuição mais uniforme entre os municípios com reflorestamento até 8.293 ha. Destaque para o município de Paraibuna com 13.683 ha que diminuiu 6.600 ha em relação ao ano de 2007. O ano 2010 em relação a 2013 a bacia como um todo teve crescimento de 4,6%.



#### 4.1.5 - KERNEL ANO 2000

No mapa da Figura 13, o ano 2000, os municípios de Paraibuna, Santa Branca, São Luiz do Paraitinga, São José dos Campos e Taubaté apresentam as maiores concentrações de plantação do eucalipto. Nos municípios de Cunha, Silveiras e Areias apresentam menor intensidade. Os focos com as maiores altas de ocorrência ficam próximos da indústria Fábria produtora de celulose e papel localizada no município de Jacareí. Focos com baixa ocorrência situam-se próximo a Nobrecel no município de Pindamonhangaba. Evidencia-se que o mapa Kernel apresenta a intensidade do eucalipto e não quantidade.

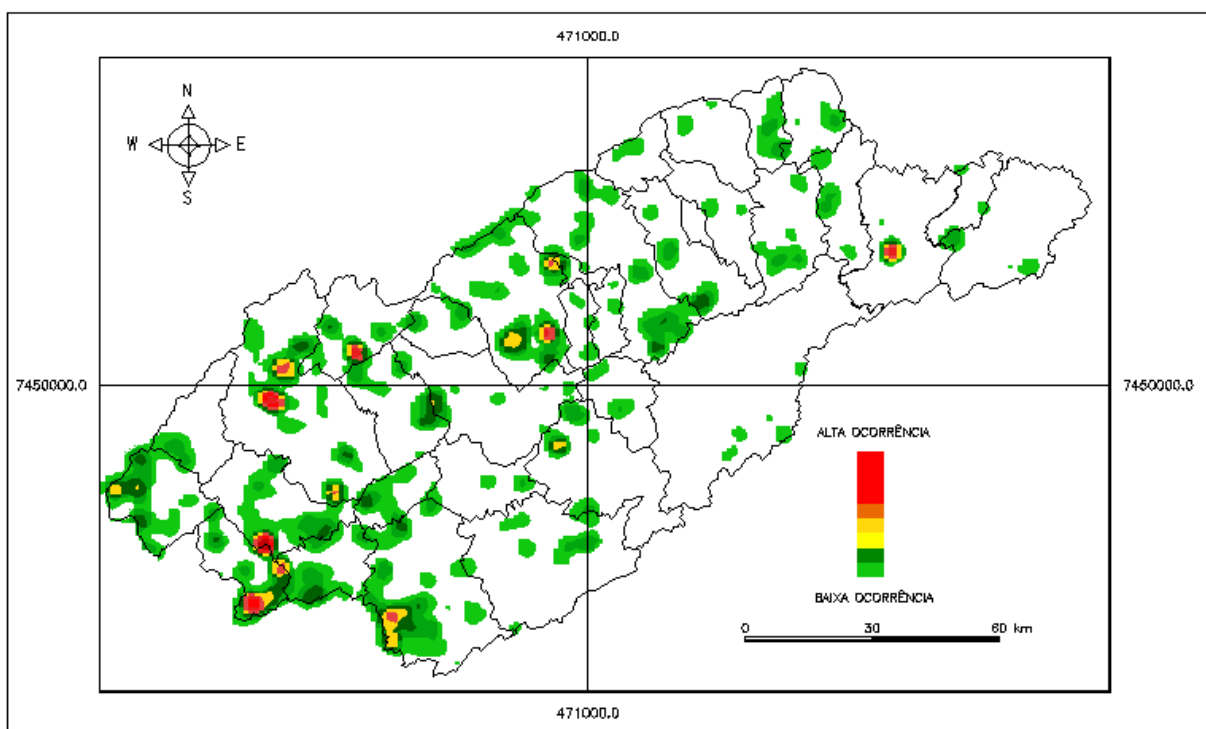


Figura 13: Concentração da plantação de eucalipto nos municípios da UGRHI 2 no ano de 2000 obtida pelo método Kernel, processado no programa TerraView com base nos dados do IF 2000, obtidos de Arguello et al. (2010).

Segundo Freitas Junior (2011), entre os anos de 2001 e 2005 houve um crescimento da ordem de 21% na região de estudo, ou seja, um aumento da área plantada com eucaliptos de 87.557 ha para 106.296 ha o que corresponde a aproximadamente 7,8% da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul em sua área paulista, que é de 1.360.500 ha.

Em 2000, São Luiz do Paraitinga, tinha 8,2% do território coberto por plantios de eucaliptos (CANTINHO et al., 2011). Segundo Farinaci et al. (2013), o Plano Diretor do município restringe a área utilizada em plantios florestais de espécies exóticas a no máximo 18% do município. Em 2013, a área coberta pelos plantios tem aumento de 4,9% em relação

com ano 2000, ocupando 13,1% do território do município, incremento de 60,8% nas cobertas por plantio de eucalipto passando dos 5.065 ha para 8.108 ha.

#### **4.1.6 - KERNEL ANO 2007**

O mapa referente ao ano 2007 na Figura 14 apresenta uma distribuição mais uniforme na plantação do eucalipto. A porção oeste apresenta alta ocorrência de eucalipto. Em termos quantitativos, as áreas plantadas com eucalipto aumentaram 32,2% em ao ano 2000, equivalente a 24.542 ha. Esse incremento ocorreu principalmente no entorno dos focos já existentes no ano 2000. Os municípios próximos da indústria Fibria celulose e papel como Paraibuna, Natividade da Serra e Santa Branca, apresentam maior intensidade com alta ocorrência do reflorestamento.

Taubaté, São Luiz do Paraitinga, Guaratinguetá e Roseira com alta ocorrência no tocante entre seus limites municipais. No mapa ano 2000 na Figura 13 no município de Taubaté na porção sul, pode ser observado uma área sem ocorrência do plantio de eucalipto. Incremento do reflorestamento ocorre entre os limites municipais de Pindamonhangaba e São Luiz do Paraitinga, no ano 2007.

A expansão de novos plantios de eucalipto tende a ocupar áreas próximas de plantios já estabelecidos. Portanto, a polarização é prática recorrente na maior parte das ocorrências com eucaliptos plantados. Ou seja, a expansão de novas plantações ocorre de áreas existentes. A concentração da plantação é menor nos municípios da porção Leste do Vale do Paraíba Paulista no ano 2007.

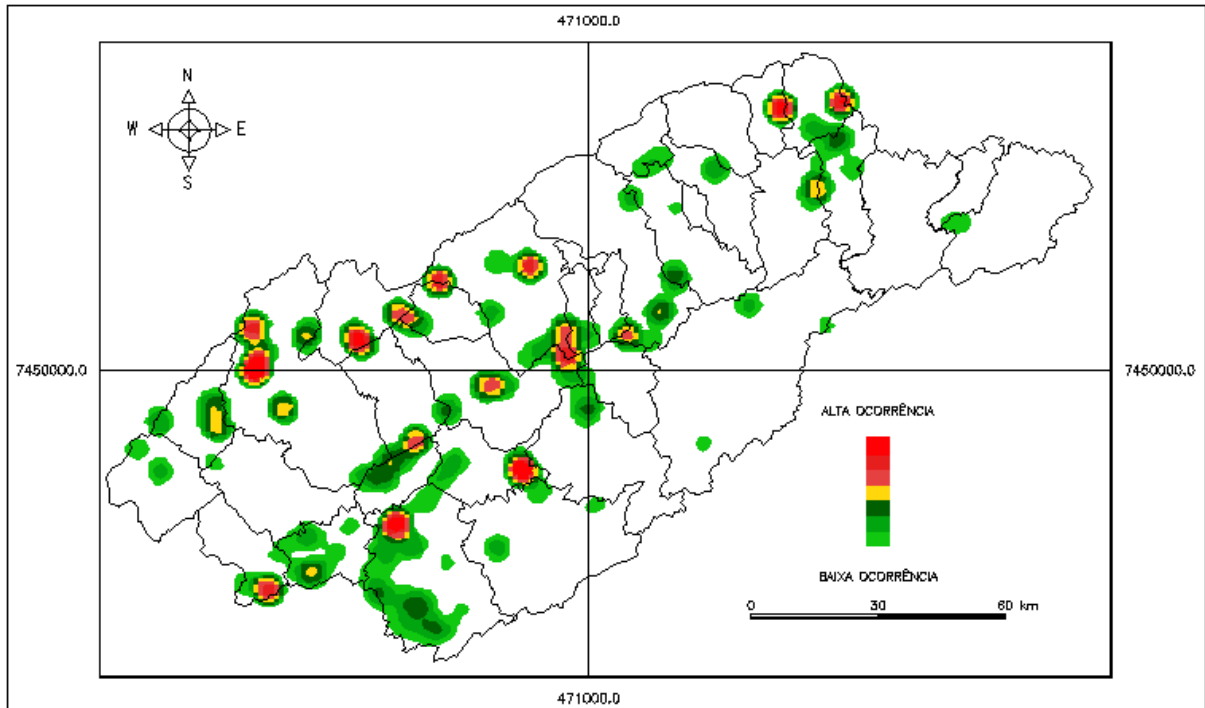


Figura 14: Concentração da plantação de eucalipto nos municípios da UGRHI 2 no ano de 2007 obtida pelo método Kernel, processado no programa TerraView com base nos dados obtidos de Arguello et al. (2010).

Com os dados obtidos de 2000 e 2007 observa-se crescimento significativo para os municípios de Canas (596% para uma área municipal de 5.349 ha, porém, não constam dados significativos referentes ao ano 2000) 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 como Paraibuna com 17,1% da área territorial de 80.979 ha ocupada pelo plantio e Guaratinguetá 7,1% para uma área territorial de 75.144 ha, cujas áreas de incremento são significativamente maiores. Em 2007, o município com a menor área plantada com eucalipto foi Potim com 54 hectares. Para os municípios de São José do Barreiro (com -91,1% na ocorrência com eucalipto para uma extensão territorial de 57.063 ha 0,7% do território) e Bananal (com -88,4% para uma extensão territorial de 61.632 ha 5,8% do território). Na Figura 15 mapa com visão geral das diferenças de porcentagem entre os anos 2000 e 2007 dos municípios da UGRHI 2.

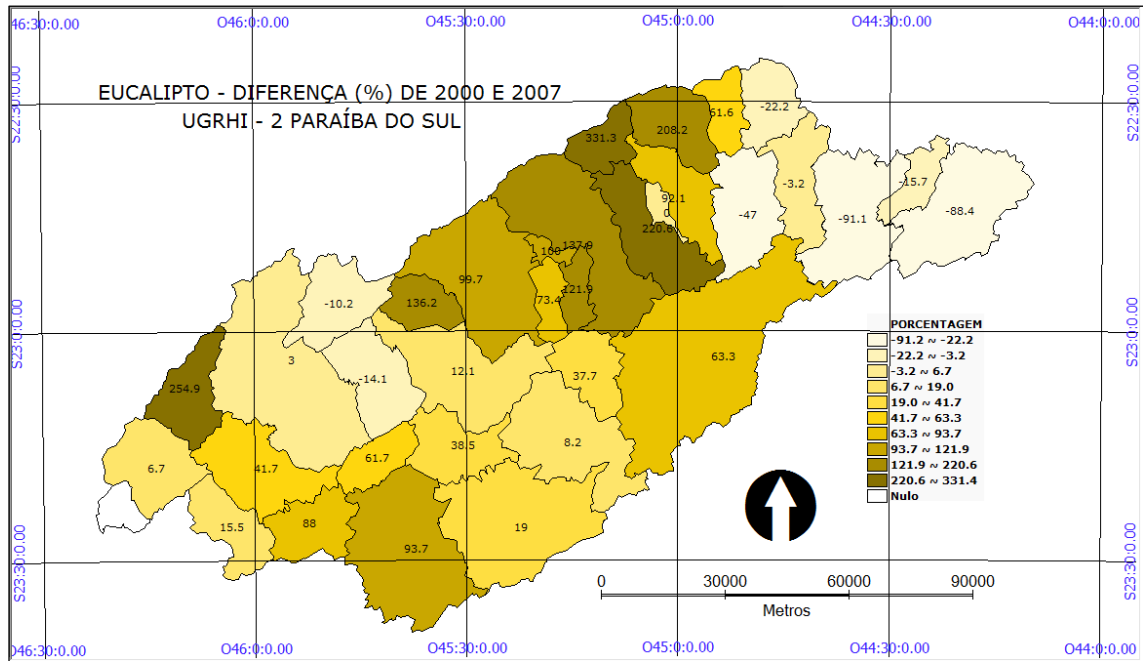


Figura 15: Mapa gerado no Terraview apresenta a diferença em porcentagem da eucaliptocultura no período entre 2000 e 2007.

Verifica-se, portanto, uma redução expressiva no reflorestamento com eucalipto nesses municípios entre 2000 e 2007. Em 2007 o valor era de 7,1% (100.742 ha) da bacia hidrográfica Paraíba do Sul, cuja extensão territorial foi calculada em 1.418.964 ha. Em relação a 2000, a proporção do cultivo da espécie na região aumentou em 32,2%, intensificada pelas ofertas atrativas para os proprietários por parte das empresas de papel e celulose, as quais incentivaram o plantio de eucalipto em suas terras, garantindo a compra da produção.

#### 4.1.7 - KERNEL ANO 2010

O mapa de Kernel referente ao ano 2010 na Figura 16 mostrou alta ocorrência do reflorestamento no município de Paraibuna, Natividade da Serra, São Luiz do Paraitinga e municípios em seu entorno. Alguns municípios continuavam praticamente com baixa ocorrência de reflorestamento. No ano 2010 ocorreu aumento do plantio na UGRHI 2 de 15,1% em relação a 2007. Foram 15.197 ha de novas áreas com eucalipto. O município de São José do Barreiro, em 2007 teve um aumento de 73 ha para 2.028 ha em 2010. De forma similar, Arapeí em três anos de 338 ha para 998 ha e Cruzeiro 564 ha para 2.048 ha. Municípios da porção Oeste tiveram aumento expressivo nas áreas plantadas com eucalipto.

No ano 2000, os municípios da porção Leste da região de estudo apareciam com poucas plantações do eucalipto, pode-se inferir que tais áreas foram destinadas pelas indústrias de Celulose e Papel, como, o uso da terra para reserva estratégica de valor. Áreas anteriormente ociosas (ano 2000) ou, com utilidades agropecuária, passam a ter maior atividade nas ocorrências das plantações de eucalipto.

A Fibria mantém o Programa Poupança Florestal<sup>4</sup>, que estimula produtores rurais localizados nas áreas de atuação próximas de suas fábricas de celulose a plantar eucalipto, contribuindo para diversificar as fontes de renda e a produção agrícola (SINPAPEL, 2016). O modelo de produção abre uma perspectiva de negócio sustentado para o produtor rural, que recebe incentivos para o plantio desde o primeiro ano do programa, com fornecimento das mudas de eucalipto para reflorestamento, assistência técnica, garantia de comercialização da madeira e educação ambiental (FIBRIA, 2016).

---

<sup>4</sup> Este programa estimula a geração de renda, a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade no campo, pois permite o convívio da floresta com a produção de alimentos e a pecuária. Disponível em: <http://www.fibria.com.br/web/pt/ambiente/poupanca.htm>.

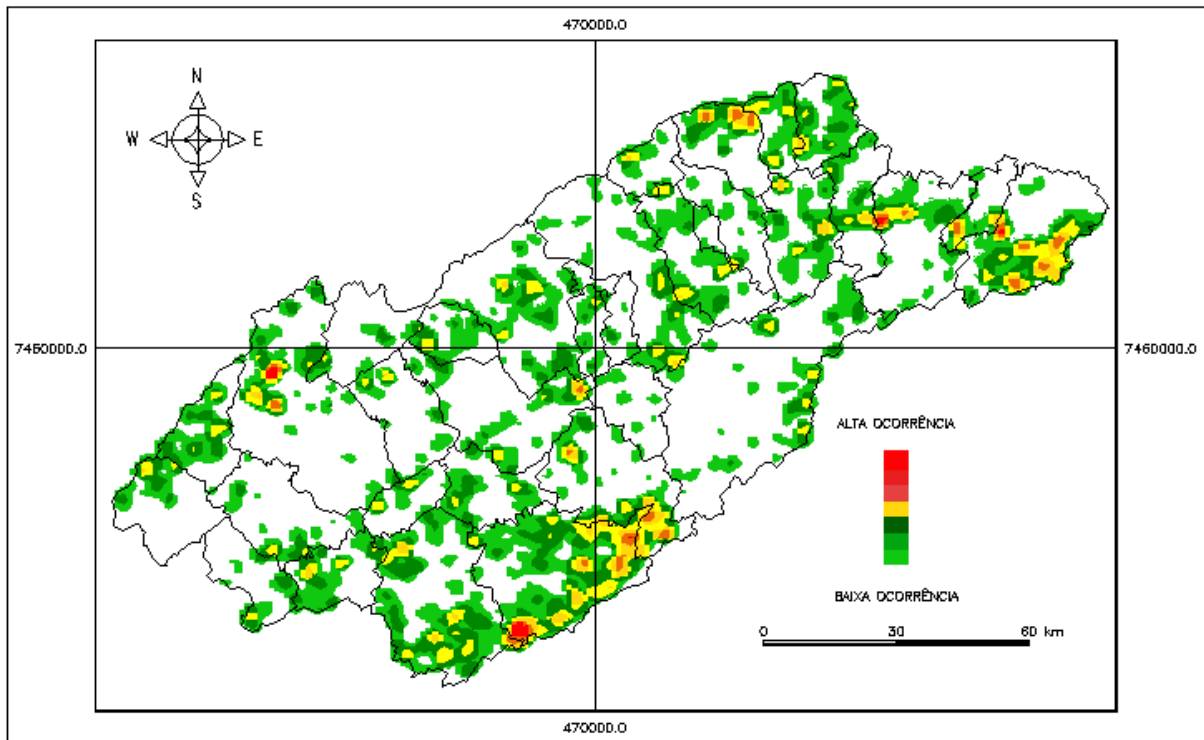


Figura 16: Concentração da plantação de eucalipto nos municípios da UGRHI 2 no ano de 2010 obtida pelo método Kernel, processado no programa TerraView com base nos obtidos de Batista et al. (2010).

Segundo Anacleto e Freitas Junior (2015), de forma geral, os municípios da Microrregião de Paraibuna-Paraitinga (e municípios porção Leste do Vale do Paraíba) apresentam aspectos físicos, demográficos, históricos e socioeconômicos muito semelhantes, o que explica seu agrupamento em uma Microrregião comum. São pouco povoados e pouco populosos, com a maior parte da população em situação de domicílio rural ou em número quase igual ao da população em situação de domicílio urbano.

De acordo com a Tabela 5 observa-se diminuição da população nos municípios de Arapeí, Piquete e Lagoinha, no mesmo período áreas ocupada por eucalipto tiveram aumento.

Tabela 5: Municípios que tiveram diminuição na população e aumento nas áreas ocupadas por eucalipto no período entre 2000 a 2010, na Região do Vale do Paraíba paulista.

<b>Municípios</b>	<b>População 2000</b>	<b>População 2010</b>	<b>(%) Eucalipto 2000/2010</b>
Arapeí	2.615	2.494	59,4
Piquete	15.190	14.116	82,6
Lagoinha	4.954	4.842	31,7

Fonte: SEADE, 2012.

Além disso, o abandono de terras agrícolas em certas regiões pode estar contribuindo para o aumento de áreas plantadas com eucalipto. As necessidades, técnicas e organização, de se transferirem à distância das áreas com eucalipto, faz com que essas áreas com vocação para plantação do mesmo, sejam usadas no planejamento da fábrica. Alguns lugares tendem a tornarem-se mais propícios, tanto próximo ou distante, e essa aproximação se deve mais às condições técnicas de produção e logística que aos recursos naturais.

Com informações divulgadas pelo NUPES-UNITAU, observa-se que um dos principais motivos para esse aumento nas plantações do eucalipto é a renda que o cultivo do mesmo propicia ao final do ciclo produtivo. Um investimento inicial de R\$ 8.000,00 pode render até R\$ 21.000,00 (retorno de aproximadamente 262,5% sem considerar a inflação do período) quando as árvores atingirem a fase de corte, sete anos após o plantio. Sendo assim, muitos produtores rurais optam pela produção do eucalipto, pois é um investimento com retorno financeiro após 5 ou 6 anos como um tipo de “poupança” (FREITAS JUNIOR, 2011).

#### 4.1.8 - KERNEL ANO 2013

As áreas com eucalipto ocorrem principalmente nos limites dos municípios, em distribuição linear, acompanhando as linhas de cumeadas (cristas de serras), em áreas de difícil acesso. Ocorre uma grande mancha na porção Oeste da região de estudo, nos municípios de Paraibuna, Natividade da Serra, São Luiz do Paraitinga, Jacareí e municípios em seu entorno (Figura 17) e também alta ocorrência próxima à represa de Paraibuna.

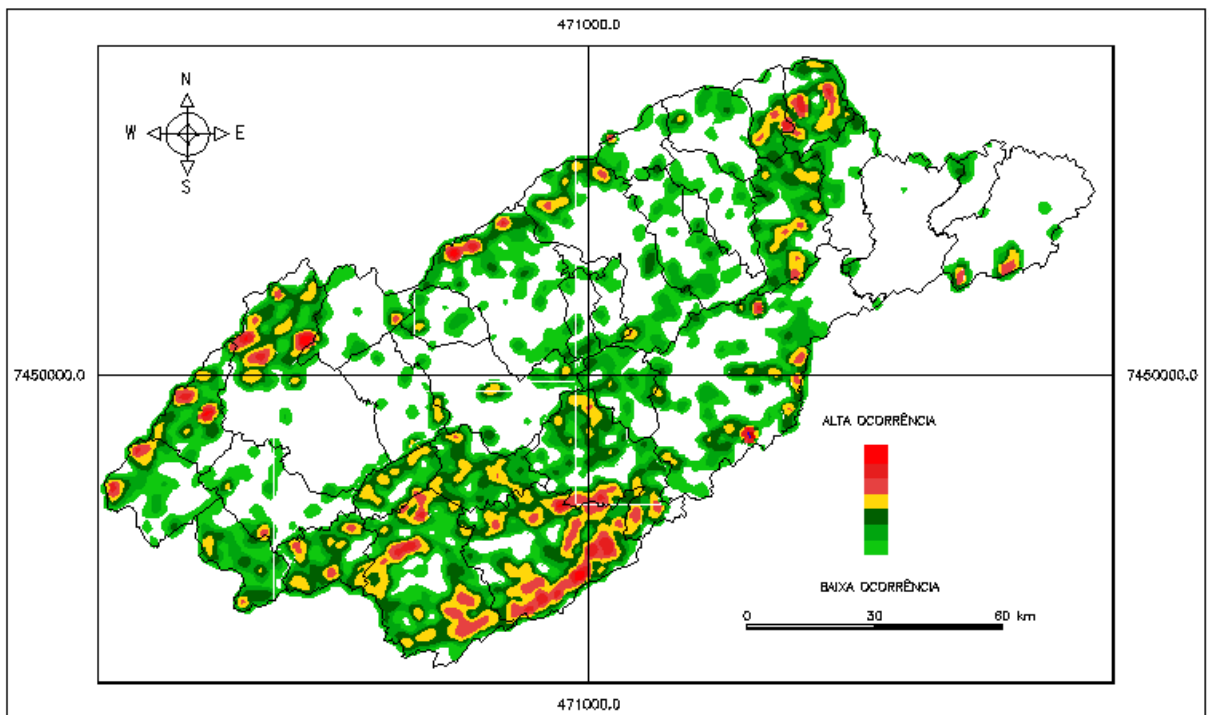


Figura 17: Concentração da plantação de eucalipto nos municípios da UGRHI 2 no ano de 2013 obtida pelo método Kernel, processado no programa TerraView com base nos dados da imagem do Landsat-8 2013.

Os plantios de eucaliptos ocorrem em toda região, ora mais esparsos, ora mais adensados. O mapa Kernel mostra média ocorrência nos municípios entre Pindamonhangaba e Areias. Municípios próximos à rodovia Presidente Dutra, viabiliza a logística de transporte do eucalipto até a Fibria Celulose e Papel em Jacareí. Os municípios Potim e Arapeí ainda continuavam com baixa ocorrência de reflorestamento de eucalipto.

Em 2013, Queluz 3.881 ha, Lavrinhas 1.897 ha e Silveiras 6.671 ha, esses três municípios juntos somam o total de 12.539 ha de eucalipto, diferença de 24,7% em comparação aos 10.052 ha no ano 2010. O município de Cunha ocorreu aumento de 14,4% nas áreas plantadas com eucalipto no período de 2010 a 2013. Taubaté diminuiu consecutivamente suas áreas plantadas com eucalipto, no ano 2000 havia 5.362 ha. Em 2007,



6.011 ha e diminui para 3.432 ha em 2013. Com os resultados obtidos, observou-se na região, um incremento das áreas ocupadas com eucalipto. Alguns lugares tendem a tornarem-se mais propícios, tanto próximo ou distante, e isso, atribui-se este crescimento à melhoria do nível tecnológico, à demanda crescente por produtos do eucalipto, aos aspectos econômicos, retorno financeiro do investimento e à falta de estímulo para produção agrícola de outras Commodities.

#### 4.2 – ANÁLISE PELO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL

Para verificar a consistência dos mapas Kernel foi feita a análise espacial de dados pelo índice de Moran Global com objetivo de verificar a hipótese de existência de autocorrelação espacial organizado na Tabela 6.

Tabela 6: Índice de Moran Global para a ocorrência de eucalipto na UGRHI 2.

<b>Reflorestamento ano</b>	<b>Índice (-1 a 1)</b>	<b>Significância</b>
<b>2000<sup>1</sup></b>	0,163669	0,05
<b>2007<sup>2</sup></b>	0,213007	0,01
<b>2010<sup>3</sup></b>	0,234652	0,01
<b>2013</b>	0,333025	0,01

Fonte. Kronka (2002)<sup>1</sup>; ARGUELLO (2010)<sup>2</sup>; Batista et al. (2010)<sup>3</sup>.

O valor positivo do Índice de Moran Global e significância  $p$  menor que 0.05, para as ocorrências de eucalipto nos anos analisados, aponta-se para dependência espacial na concentração desta cultura. Observa-se que o índice de Moran Global e sua significância são crescentes ao longo dos anos analisados, o que confirma a análise do Kernel, onde, mostrou que o crescimento das áreas plantadas acompanhava os plantios já estabelecidos. Na Figura 18 observa-se que à medida que o IMG aumenta em direção a 1, aumenta o agrupamento das ocorrências de eucalipto, em consonância com o agrupamento na porção Leste da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul mostrado nos mapas Kernel.

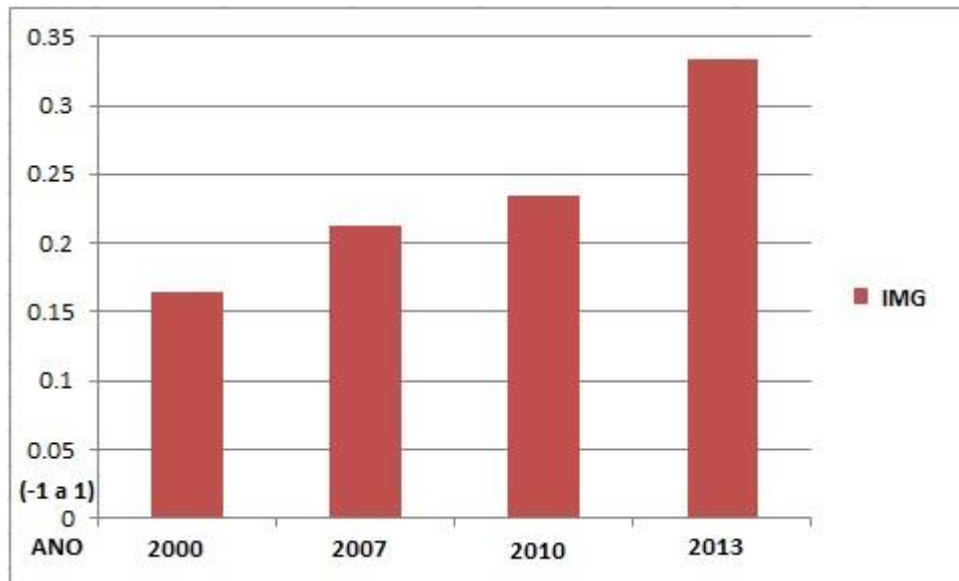


Figura 18: Evolução do Índice de Moran Global na UGRHI 2.

Essa cultura pode ser encontrada nos diversos relevos, tanto planos quanto acidentados. A presença da fábrica de celulose no município de Jacareí, naturalmente condiciona as maiores concentrações da cultura. Porém, com o grande aumento das áreas plantadas (45.121 ha) nos treze anos estudados, surgiram novas áreas de plantio aonde não existia no ano 2.000.

Mesmo com o conhecimento superficial do fenômeno e poucas evidências ou dados sobre o comportamento, a análise visual da distribuição pode ser o primeiro passo a ser explorado. A avaliação da análise do mapa pode ser útil para informações iniciais do evento. A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul é composta por 34 municípios e sua extensão territorial total de 1.418.964 ha. Para facilitar a compreensão do surgimento das novas áreas ocupadas pelo plantio, a UGRHI 2 foi dividida em duas partes e agrupados em municípios da porção Oeste e municípios da porção Leste. Foi considerado para os valores totais em ha do reflorestamento de cada ano em sua proporção em relação ao total territorial.

Observa-se na Tabela 7 que proporcionalmente maior parte desse aumento foi nos municípios da UGRHI 2 da porção Leste. Com avanço dos anos a porção Leste teve aumento gradativo no plantio de eucalipto até ano 2010, em 2013, queda de 1% em relação no plantio em relação a 2010.

Tabela 7: Municípios com reflorestamento (ha e porcentagem) total da área referente à porção Leste da UGRHI 2 no ano 2000, 2007, 2010 e 2013.

Municípios	Área territorial	Reflorestamento 2000	Reflorestamento 2007	Reflorestamento 2010	Reflorestamento 2013
<b>Total em ha</b>	<b>690032</b>	<b>24042</b>	<b>27362</b>	<b>50251</b>	<b>43805</b>
<b>Porcentagem da área</b>	<b>48,6</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>7,3</b>	<b>6,3</b>

Os 19 municípios marcados na cor verde, juntos somam total de 690.003 ha equivalente a 48,5% do total da área da UGRHI 2 na figura 19. Considerando o resultado da Tabela 7, o ano 2000, a ocupação do eucalipto foi de 3,5% na porção Leste, com pico no ano 2010 de 7,3%, praticamente dobra as proporções das áreas ocupadas com plantio na porção Leste. Esse resultado reforça a ideia da estratégia da indústria de celulose e papel que tem a preferência por áreas mais próximas e conforme aumenta a necessidade, aumenta o raio de atuação.

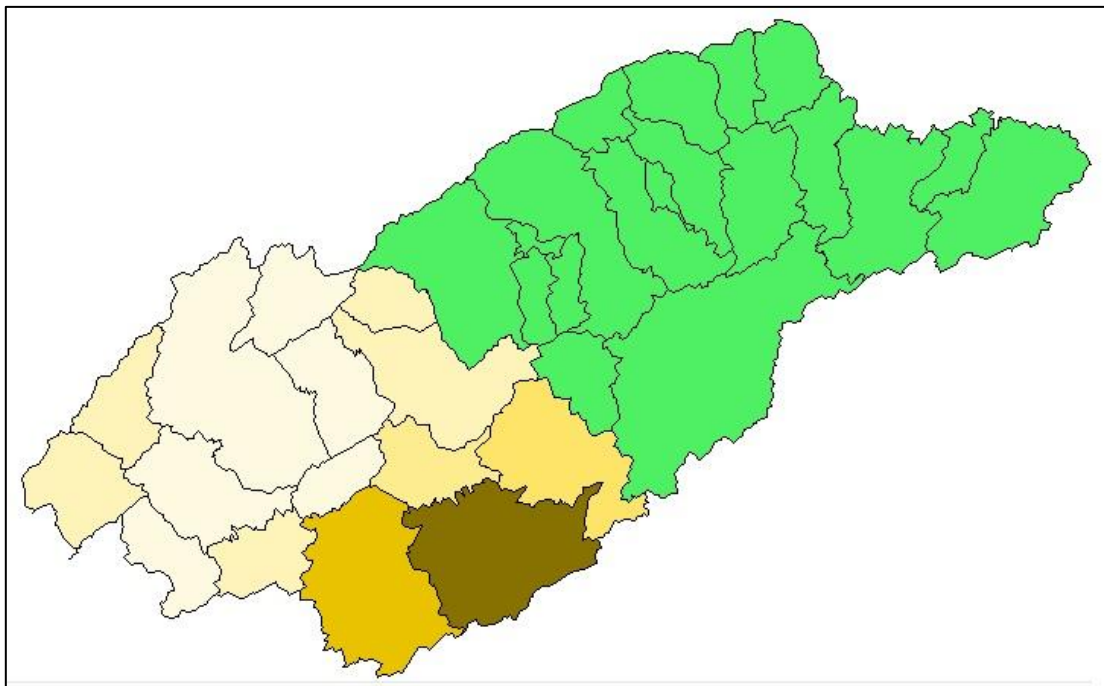


Figura 19: Municípios da UGRHI 2, porção Leste com os polígonos na cor verde representado os limites municipais.

Na porção Oeste as ocorrências com plantios ocupavam 7,1% em 2000. Nos anos 2007, 2010 e 2013 verifica-se certa estabilidade com pequena variação, manteve-se a média de 10% de ocupação pelo plantio de eucalipto conforme Tabela 8.

Tabela 8: Municípios com reflorestamento (ha e porcentagem) total da área referente a porção Oeste da UGRHI 2 no ano 2000, 2007, 2010 e 2013

Municípios	Área territorial	Reflorestamento 2000	Reflorestamento 2007	Reflorestamento 2010	Reflorestamento 2013
<b>Total em ha</b>	<b>728932</b>	<b>52125</b>	<b>73031</b>	<b>65688</b>	<b>77516</b>
<b>Porcentagem da área</b>	<b>51,4</b>	<b>7,1</b>	<b>10</b>	<b>9,0</b>	<b>10,6</b>

Os quinze municípios da porção Oeste somam um total de 728.932 ha isso representa aproximadamente 51,4% da área total da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul (Figura 20).

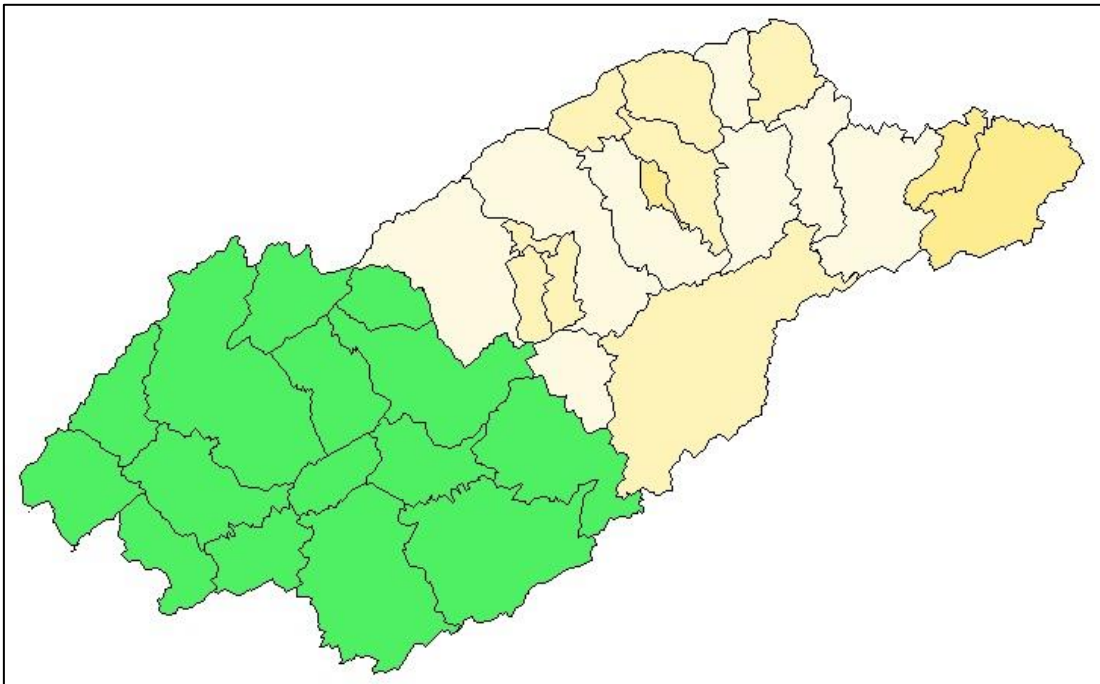


Figura 20: Municípios da UGRHI 2, porção Oeste com os polígonos na cor verde representado os limites municipais.

Mesmo com aumento das áreas ocupadas com eucalipto na porção Leste, a porção Oeste continua com área plantada maior em 2013. Verificou-se que em 2013, a UGRHI 2 estava ocupada com 8,5% do total da bacia hidrográfica (121.123 ha) por reflorestamento de eucalipto. Em 2013, a porção Oeste representava 5,4% (77.516 ha) do plantio da área da UGRHI 2 contra 3,1% (43805 ha) da porção Leste.

Do ponto de vista da isonomia ainda tem-se desvantagem a porção Leste do Vale do Paraíba paulista. A distância dos plantios do eucalipto faz-se entender que essas áreas, foram usadas no planejamento da fábrica. Alguns lugares tornam-se preferenciais, tanto próximo ou distante, e essa distância se dá às variadas condições de técnicas de produção e logística mais que os recursos naturais. Esse resultado justifica o vetor do crescimento das áreas com eucalipto.

#### **4.2.1– ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2000**

Pergunta: O Eucalipto está distribuído aleatoriamente ou se concentra na UGRHI 2? Em outras palavras, existe autocorrelação espacial das áreas de eucalipto na UGRHI 2 no ano 2000?

Para responder, usou-se a técnica de Análise Espacial baseada no Índice de Moran Global, cujo resultado foi IMG de 0,163669. Sendo assim, verifica-se que há presença de autocorrelação espacial da variável eucalipto em ha, como o IMG é positivo não se pode rejeitar a hipótese de autocorrelação espacial. Em outras palavras poderá haver dependência espacial.

#### **4.2.2 – ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2007**

O IMG referente ao ano de 2007 foi de 0,213007, maior do que em 2000, segundo análise do Terraview, pode-se considerar a hipótese de autocorrelação espacial. O mapa Kernel 2007 pag. 36 mostra aumento na concentração da plantação do eucalipto nos municípios de Paraibuna, Natividade da Serra e Santa Branca, onde há maior ocorrência de reflorestamento nas proximidades da indústria Fibria e a ocorrência diminui na porção leste do Vale do Paraíba Paulista.

#### **4.2.3 - ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2010**

Para o ano de 2010 o IMG foi de 0,234652 verifica-se o aumento do índice em relação a 2000 e 2007, fica evidente a informação do mapa Kernel pag.39, onde o agrupamento dos municípios, com maiores áreas plantada de eucalipto, o *hot spot* aumenta gradativamente na porção Oeste da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. Considerando o valor do Índice de Moran Global e sua significância não se pode rejeitar a hipótese de autocorrelação espacial.

#### 4.2.4 - ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN GLOBAL ANO 2013

Para o ano de 2013 o IMG foi 0,333025 juntamente com significância 0.01, sendo assim, não se deve desconsiderar a hipótese de que há autocorrelação espacial. Em outras palavras, poderá haver dependência espacial.

Os resultados até agora apresentados deixam claro que existe a possibilidade dependência espacial na produção da eucaliptocultura na porção Oeste da UGRHI 02 e que também existe uma concentração da produção em um grupo menor de municípios na porção Leste.

Como Índice de Moran Global de 0,333025 e  $p$ -valor 0.01 indicando dependência espacial é importante verificar a hipótese de estacionariedade do processo que ocorre em alguns municípios da UGRHI 2. Mas fica claro que esses agrupamentos significativos, estão localizados a uma distância viável da Fibria Celulose e Papel, também estão sujeitos a uma variabilidade maior das influências regionais, ou seja, a indústria dependente dessa matéria prima é obrigada a aumentar o seu raio de abrangência em busca de novas áreas para plantio do eucalipto.

Para verificar o arranjo espacial e a consistência da distribuição geográfica, foi gerado um mapa de espalhamento com os índices Moran local de cada município da UGRHI 2 do ano 2013.

#### 4.2.5- ANÁLISE DO ÍNDICE DE MORAN LOCAL DO ANO 2013

Percebe-se a possibilidade de autocorrelação espacial quando áreas com maiores proporções de reflorestamento apresentam-se próximas, e, o mapa da Figura 21 mostra que isso é verificado, uma vez que há um padrão claramente observado na distribuição do plantio de eucalipto em ha. O reflorestamento concentrado na porção Oeste no ano 2013, e, variou de 31 ha no município de Potim a 13.854 ha em Paraibuna. Paraibuna, Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga estão entre os primeiros com maior ocorrência para esse ano. Na porção Leste o município de Silveiras apresenta aumento de 58,% no reflorestamento, de 4.557 ha em 2010 para 6.761 ha em 2013.

O reflorestamento 2013 da UGRHI 2 apresenta distribuição mais uniforme entre os municípios em relação aos anos anteriores. Destaque para o município de Paraibuna com aumento de 13.854 ha, isso representa 32,3% em relação ao ano de 2000.

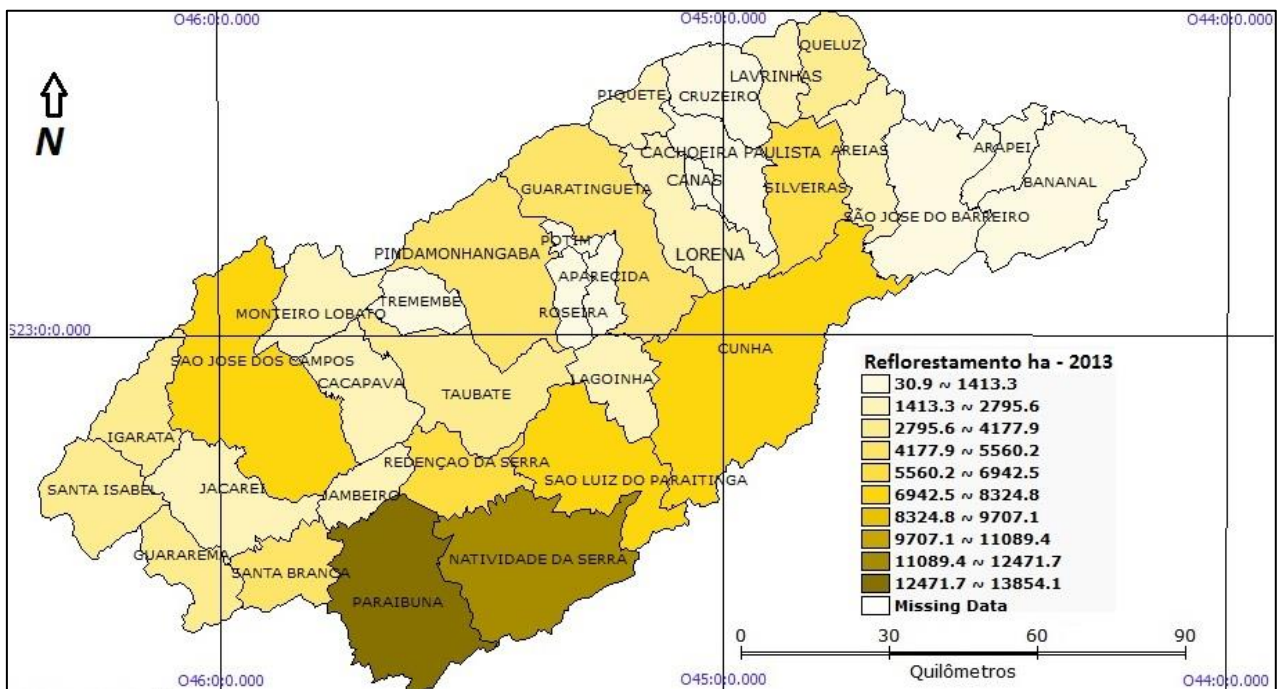


Figura 21: Municípios da UGRHI 2, distribuição da plantação de eucalipto em ha no ano de 2013. Mapa processado no programa TerraView.

O índice de Moran local indica se um município é dependente de seus vizinhos. Assim, é possível distinguir entre todos os municípios, aquele que compõe agrupamentos positivos e negativos com alta evidência de autocorrelação. Os resultados tanto do Kernel quanto do Índice Moran indicam a possibilidade de autocorrelação espacial, áreas com maiores proporções de reflorestamento apresentam-se próximas, portanto deve-se considerar

que há um padrão espacial que não é ao acaso. Algumas vezes, o nível de conhecimento sobre o fenômeno é necessário, para permitir a elaboração de modelos exploratórios, sendo assim, pode-se gerar hipóteses sobre o comportamento do índice Moral Local. O mapa na Figura 22 mostra uma visão geral representando o IML distribuído entre os municípios e sua intensidade variando pelos tons de cor do mais claro para o marrom escuro à medida que aumenta o valor do IML.

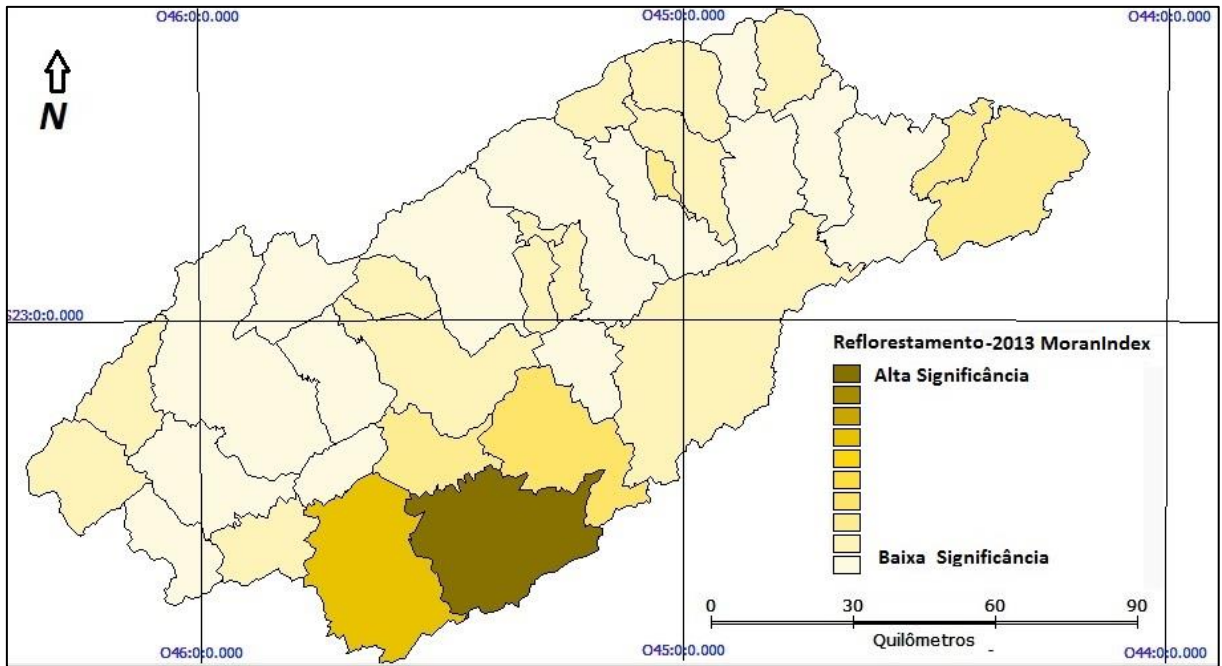


Figura 22: Mapa com os municípios da UGRHI 2 da distribuição da plantação de eucalipto no ano de 2013 com Índice Moran. Mapa processado no programa Terraview.

Nota-se que os municípios com hipótese de correlação espacial estão respectivamente próximos. Natividade da Serra, Paraibuna, São Luiz do Paraitinga e Redenção da Serra, estão entre os municípios com maior significância e também são as áreas com as maiores concentrações de eucalipto em 2013.



Fica evidente, na Figura 23 a concentração do reflorestamento na porção Leste da UGRHI 2 em 2013, oito municípios mostram o IML positivo e significativo, são eles: Arapeí, Bananal, Cunha, Cruzeiro, Canas, Queluz Cachoeira Paulista e Piquete, indicando que a correlação espacial deve ser considerada,. A relação com os valores em ha das plantadas são variados, uns apresentam diminuição e outros aumentaram suas áreas de eucaliptos, porém, Silveiras está entre os municípios com aumento considerável de 2.147 ha em 2007 para 6.671 ha em 2013, e não aparece com IML positivo. Queluz manteve-se estável com 3.881 ha e Bananal diminuiu de 3.559 ha (2000) para 1.296 ha em 2013.

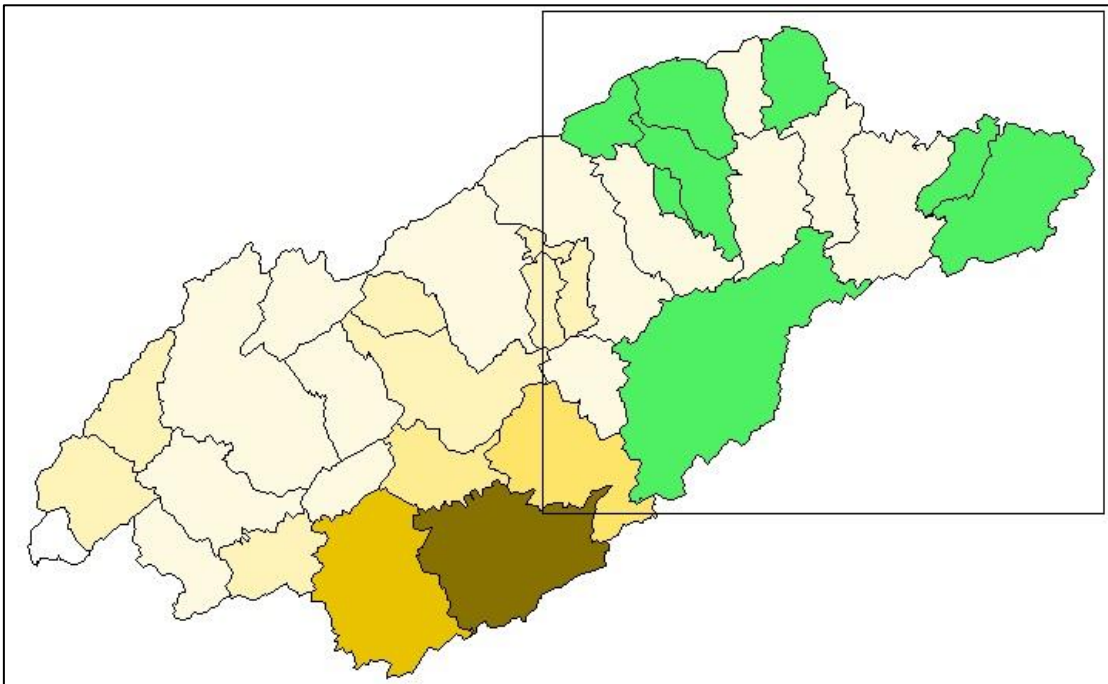


Figura 23: Municípios com IML positivo na ocorrência com eucalipto em 2013 na UGRHI 2.

É importante ressaltar que há uma extensa região formada por municípios com pouca expressão de áreas produtivas de eucalipto. Na porção Oeste da UGRHI 2 o reflorestamento nos diversos municípios varia de 1.847 ha (Jacareí) a 10.854 ha (Paraibuna), com a maior concentração em Paraibuna. Há cinco municípios com agrupamentos contíguos, Paraibuna, Santa Branca, Redenção da Serra, Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga. Este resultado indica que há uma correlação positiva em 2013 (Figura 24).

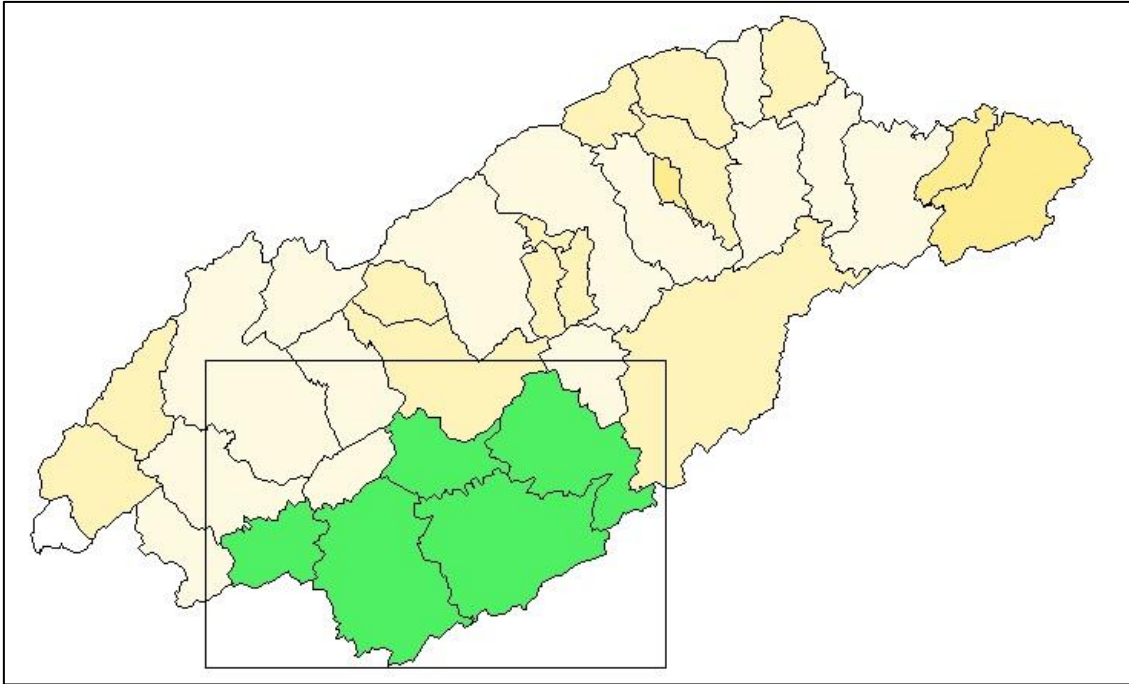


Figura 24: Mapa com os municípios indicando IML positivo na ocorrência com eucalipto em 2013 na UGRHI 2. Na cor verde, grande cluster de áreas com eucalipto formado pelos municípios de Paraibuna, Santa Branca, Redenção da Serra, Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga.

É preciso utilizar indicadores locais de associação espacial que possam ser associados a diferentes localizações de uma variável distribuída espacialmente. A combinação dos diferentes indicadores, em conjunto com o Índice de Moran Global refina nosso conhecimento sobre os processos que dão origem a dependência espacial. Desta forma, usou-se para análise de autocorrelação espacial local o MoranMap, o LisaSig e o LisaMap.

O índice MoranMap apresentam somente as regiões para os quais os valores foram considerados significantes, o intervalo foi para valores igual e/ou superior de 95% de significância, neste caso os índices locais são associados ao mapa da Figura 25.

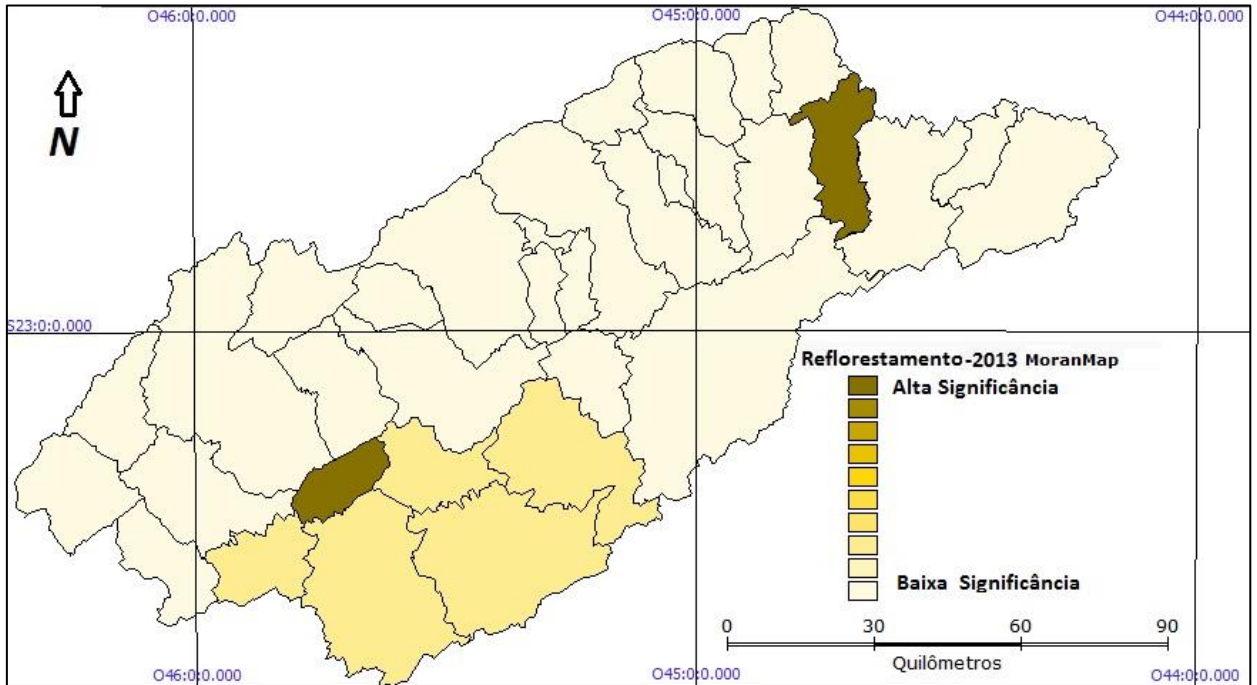


Figura 25: Mapa com os municípios da UGRHI 2, distribuição da plantação de eucalipto no ano de 2013 em ha processado com índice MoranMap. Mapa processado no programa TerraView.

Observa-se no mapa da Figura 25 novamente o padrão na porção Oeste da UGRHI 2, é possível avaliar e perceber que o indicador MoranMap foi mais restritivo na atribuição de nível de confiança, na porção Leste a alta significância aparece em um polígono, região caracterizada pelo aumento nas ocorrências com áreas ocupadas pelo plantio de eucalipto nos municípios em seu entorno. Num primeiro momento parece óbvio esse resultado, uma vez que se têm os resultados anteriormente apresentados, o surgimento de novas áreas com plantio no sentido Leste se dá pelo aumento significativo da produção e necessidade de novas áreas para o plantio de eucalipto.

Para o índice LisaSig, quando o valor da estatística  $p$  for maior que 0.05, deve-se desconsiderar a autocorrelação. Considerando o parâmetro de  $p$ , pode-se desconsiderar a autocorrelação espacial das áreas de reflorestamento de 27 municípios. Nesse contexto, apenas 7 municípios têm autocorrelação espacial significativa (Figura 26).

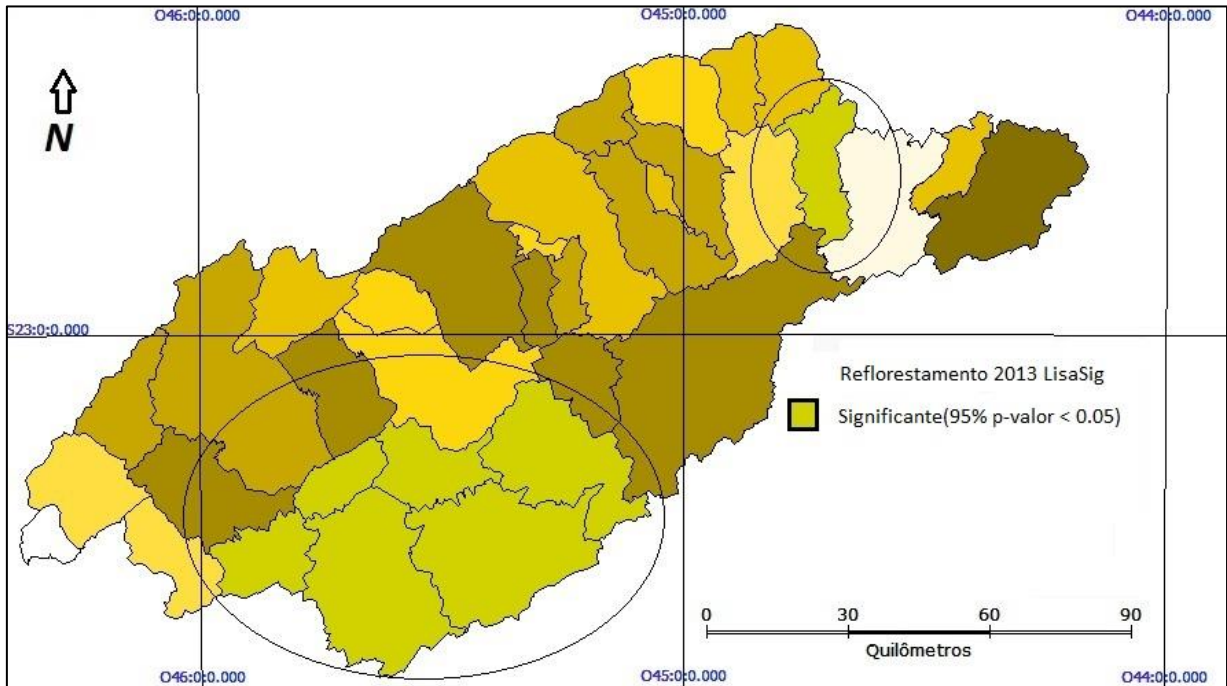


Figura 26: Mapa com os municípios da UGRHI 2, distribuição da plantação de eucalipto no ano de 2013 com índice LisaSig, Os polígonos destacados dentro do círculo representam os municípios com o  $p$  menor que 0.05. Mapa processado no programa TerraView.

Uma vez determinada a significância estatística de Moran é muito útil gerar um mapa indicando as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente do resto dos dados. Este mapa é denominado por Anselin (1995) de “LISA MAP”. O índice LISAMap varia de 0 a 4, foram selecionados os municípios com o índice local de significância 99% (3,  $p=0.01$ ) de confiança referente ao ano 2013 conforme Figura 27. Novamente o padrão é apontado pelo indicador, continua a concentração do reflorestamento com alta prevalência na porção Oeste da UGRHI 2, seis municípios formam um “cluster” com maior significância, são: Paraibuna, Jambeiro, Santa Branca, Redenção da Serra, Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga. Apenas o município de Areias com índice de significância 95% (1,  $p=0.05$ ) na porção Leste. Em relação ao ano 2000, a concentração do reflorestamento aumenta na porção Leste, porém, Areias é um município que manteve-se estável em todos anos de estudo, em 2013 ocupava 7,7% do território com plantio de eucalipto. Ou seja, este índice apresenta probabilidade confiável de que existe autocorrelação espacial em municípios na porção Leste da bacia hidrográfica.

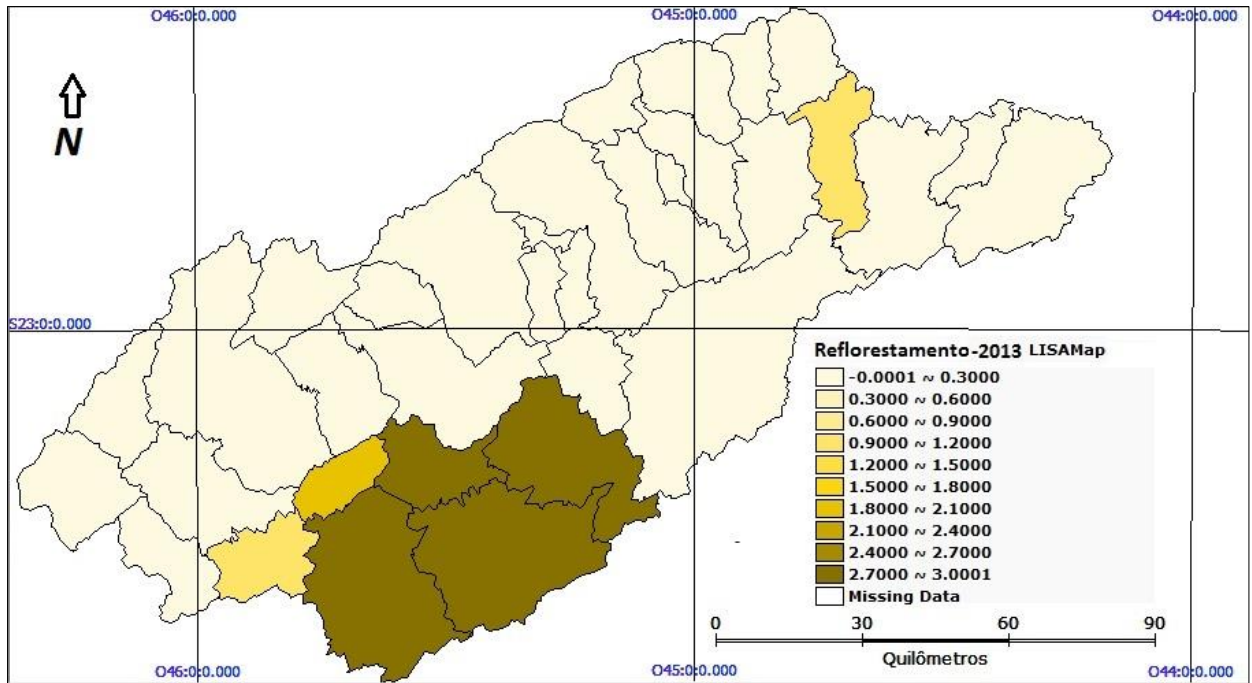


Figura 27: Mapa com os municípios da UGRHI 2, distribuição da plantação de eucalipto no ano de 2013 em ha com índice LisaMap. Mapa processado no programa TerraView.

Como nos períodos anteriores, essas novas ocorrências com eucalipto na porção Leste da UGRHI 2 se distribuem de forma desigual entre os municípios. Em certos casos, como nos municípios de Bananal, São José do Barreiro e Areias, em todos os anos continuam com baixa ocorrência e abrangem uma vasta extensão, até o presente momento dessa pesquisa estão longe da área de interesse da fábrica de Celulose e Papel na região. A maior parte dos municípios com IML mais significativos estavam nas áreas com eucalipto nos municípios de Paraibuna, Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga, por facilitarem a logística para fabrica de Jacaréi . Municípios com IML menos significativos, apenas se limitam a manchas ou pontos, conforme analisados nos mapas Kernel.

As análises espaciais são um tanto complexas, uma vez que a manipulação dos dados deve estar relacionada ao tipo de informação que se deseja extrair das variáveis, são fundamentais para a coerência das análises. Os indicadores Global e Local em conjunto, refinam o conhecimento sobre a pesquisa que dão origem a dependência espacial. Ambos o Kernel quanto o Índice Moran apresentaram resultados com padrões coerentes a realidade da UGRHI 2. Os indicadores quando usados em conjunto nos propiciam uma visão mais abrangente da área de estudo.

O uso desse espaço é seletivo. As fábricas de celulose são altamente planejadas e projetadas, não saem do papel para depois correrem atrás do produto base. Elas possuem plantações próprias ou de terceirizadas há tempo negociadas. O planejamento das ações para investimento desse setor é mais carregado em informação do que o próprio espaço a ser usado para o eucalipto.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que em 2013 121.123 ha da UGRHI 2 estava ocupada por reflorestamento de eucalipto (8,5%), a proporção do cultivo de eucalipto na bacia hidrográfica aumentou em 59,2% em relação ao ano 2000.

Essa pesquisa revelou com base na análise do Índice de Moran Global e indicadores de associação espacial que há padrões espaciais e autocorrelação espacial positiva na distribuição geográfica das áreas ocupadas com plantios de eucalipto na UGRHI 2.

Existe dependência espacial dos plantios, com maior prevalência em zonas de concentração da cultura de eucalipto na porção Oeste da UGRHI 2 e aumento gradativo na porção Leste em todos os anos analisados, 2000, 2007, 2010 e 2013.

No período referente à pesquisa, tornou-se evidente a expansão das áreas ocupadas com plantio do eucalipto na UGRHI 2, embora menos acelerado em anos mais recentes.

Nesse contexto, fica evidente que a distribuição espacial da eucaliptocultura no período analisado, a concentração na porção oeste em função da localização da indústria Fibria Celulose S/A (Jacareí) que é a maior consumidora da madeira do eucalipto para a produção de celulose foi observada, mas houve o surgimento de novas áreas na porção Leste da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.D.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 do Paraíba do Sul: o Eucalipto o Ciclo hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007**, IPABHi, p. 1 – 7. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/82/1-7.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

ANACLETO L.M.O.; FREITAS JUNIOR, G. Diagnóstico de Cobertura da Terra no Município de Redenção da Serra-SP: anos de 2000 e 2010- **Revista GeoPantanal**, 2015 - seer.ufms. Disponível em: <<http://seer.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/544/843>> Acesso em 07 de jan. 2016.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. In: **Geographical Analysis**, Vol. 27, No. 2 (April 1995) Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x/epdf>> Acesso em 10 de jan. 2016.

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. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 133-146, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.158). Disponível em: <[www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/437/767](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/437/767)> Acesso em 15 de jul. 2014.

ARGÜELLO, F.V.P.; **Expansão do eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Paraíba do Sul**. 25f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Taubaté, SP. 2010. Disponível em: <[http://www.bdtd.unitau.br/tesesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=153](http://www.bdtd.unitau.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=153)> Acesso em 15 de abr. 2014.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – **ABRAF**. Anuário estatístico da ABRAF 2011. Brasília: ABRAF, 2011. 145p.

AVERY, T.E.; BERLIN, G.L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall. 1992.



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 97885-1700031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.16.08>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

BATISTA, G.T.; SOUZA, C.F.; TARGA, M.S.; DIAS, N.W.; PAULA, G.R.; SANTOS, L.; MIRANDA, A. Relatório Técnico Final: **Projeto Comportamento da Água no Solo sob Cobertura Vegetal de Eucalipto e de Essências Florestais Nativas**. CNPq – Processo 480990/2007-7 - Edital MCT/CNPq 15/2007 - Universal Seleção Pública de Projetos de Pesquisa Científica, Tecnológica e Inovação. 72p., 2010.

BLASCHKE, T. & KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados** – novos sistemas sensores, métodos inovadores. Oficina de Textos Ltda., São Paulo, SP, 2005. 286p.

BRANDÃO, V.S.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração de água no solo**. 2. ed. Viçosa, Ed. UFV, 2003. 98p. ISBN 85-7269-153-7

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CANTINHO, R.Z.; SALGADO, M.P.G.; BATISTA, G.T. Análise da expansão do eucalipto no município de São Luis do Paraitinga, SP, Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Roberta\\_Cantinho/publication/267423441\\_Analise\\_da\\_expanso\\_do\\_eucalipto\\_no\\_municpio\\_de\\_So\\_Luis\\_do\\_Paraitinga\\_SP\\_Brasil/links/552fb3d70cf27acb0de61d36.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberta_Cantinho/publication/267423441_Analise_da_expanso_do_eucalipto_no_municpio_de_So_Luis_do_Paraitinga_SP_Brasil/links/552fb3d70cf27acb0de61d36.pdf)> Acesso em: 17 de mar. 2015.

**CEIVAP. COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBA DO SUL**. Dados geoambientais. Disponível em: <[http://ceivap.org.br/bacia\\_1\\_2.php](http://ceivap.org.br/bacia_1_2.php)>. Acesso em: 17 de mar. 2015.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, **EMBRAPA**, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>> Acesso em: 7 de maio de 2016.

EMBRAPA. Encontro Brasileiro de Silvicultura reúne setor responsável por 4,5% do PIB nacional - Portal Embrapa. (2016). [online] Embrapa.br. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1713635/encontro-brasileiro-de-silvicultura-reune-setor-responsavel-por-45-do-pib-nacional>> Acessado em 5 Mar. 2016.

FARDIN, L.P.; DUARTE, D.C.O. ; ARAÚJO JÚNIOR, C.A. **Determinação de áreas potenciais para plantios de eucalipto utilizando técnicas de análise multicritério.** Apresentado no III Congresso Brasileiro de Eucalipto – 02 a 04 de Setembro de 2015 – Centro de Treinamento Dom João Batista – Vitória – ES. <[http://www.congressoeucalipto.com.br/trabalhos\\_a/Fardin\\_Leonardo\\_P.pdf](http://www.congressoeucalipto.com.br/trabalhos_a/Fardin_Leonardo_P.pdf)> Acesso em 25 fev. 2016.

FARIAS, C. **Justiça barra cultivo de eucalipto em São Luiz do Paraitinga (SP).** Folhaonline. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u380546.shtml>>. Acesso em 17 mar. 2013.

FARINACI, J.S; FERREIRA, L.C; BATISTELLA, M. **Transição florestal e modernização ecológica: a eucaliptocultura para além do bem e do mal.** Ambient. soc., São Paulo, v. 16, n. 2, p. 25-46, jun. 2013 Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414753X2013000200003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414753X2013000200003&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em 04 fev. de 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2013000200003>.

FREITAS JUNIOR, G. MARSON, A.A.; SOLERA, D.A.G.; Os eucaliptos no Vale do Paraíba paulista: aspectos geográficos e históricos. **Revista Geonorte**, edição especial, v.1, n.4, p.221, 2012. Disponível em <<http://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/viewFile/1821/1703>>. Acesso em: 23 abr. de 2013.

FREITAS JUNIOR, G. **O eucalipto no Vale do Paraíba paulista: aspectos geográficos e históricos.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-26062012-140626/pt-br.php>> Acesso em 17 de Jun. 2013

INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, **Mapa com limites municipais do Estado de São Paulo.** Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/mapas.html>>. Acesso em: 15 abr. de 2013.

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. p 76.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M.M.; YWANE, M.S.S.; LIMA, L.M.P.R.; GUILLAUMON, J.R.; BARRADAS, A.M.F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L.A.; BORGIO, S.C. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 12, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1569-1576. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.10.06/doc/1569.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

LEÃO, R.M. **A floresta e o homem.** Editora da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. São Paulo, 2000.

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

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto.** Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2007. 908p.

Moreira, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

NEVES, M.C.; LUIZ, A,J,B. **Distribuição Espacial da Cultura de Café no Estado de São Paulo. Jaguariúna, SP.** 2006 Embrapa 23p. – (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40).

PEREIRA, D.S.P.; JONHSSON. M. **Governabilidade dos Recursos Hídricos no Brasil: a implementação dos instrumentos de gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul.** Brasília: ANA, 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Governabilidade.pdf>>. Acesso em 19 de mar. 2013.

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ DO PARAITINGA-SP. ANO 2010. Disponível em: <http://www.saoluizdoparaitinga.institucional.ws/Ged/Leis/2010/1347.pdf> Acesso em 04 de mar. de 2016.

RAMOS, J.G.A.; DIAS, H.C.T. **Escoamento superficial de água de chuva no cultivo do eucalipto. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro de 2007**, IPABHi, p. 363-365. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/121>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

RIBEIRO, C.A.A.S.; SOARES, V.P.; OLIVEIRA, A. M.S.; GLERIANI, J.M. **O desafio da delimitação das áreas de preservação permanente**. Ver. *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 2, abr. 2005. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S00100-67622005000200004&lng=pt&nrm=isso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00100-67622005000200004&lng=pt&nrm=isso)>. Acesso em: 27 de set. 2009. doi: 10.1590/S0100-67622005000200004.

RIBEIRO, R.J.C.; BAPTISTA, G.M.M.; BIAS, E.S. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5471-5478. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.10.06/doc/1569.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

ROY, D.P., Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**, EUA. V. 145, 5 de abril de 2014, Pages 154-172. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442571400042X>> <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse> Acessado em: 13 de maio. 2014.

SAAE. RELATÓRIO 5B - **Plano regional integrado de saneamento básico para as unidades de gerenciamento de recursos hídricos da serra da Mantiqueira, Paraíba do sul e litoral norte – UGRHIS 1,2 e 3**. Disponível em: <[http://www.saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI01/PRS\\_UGRHI01.pdf](http://www.saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI01/PRS_UGRHI01.pdf)> Acesso em: 27 de set. 2014

SANTOS B.S.; SANTOS R.L.; S.M. SANTO. **Análise espacial aplicada à expansão de condomínios fechados na cidade de feira de Santana (BA)**. IV Simpósio Brasileiro de

Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 06- 09 de Maio de 2012p. 001 – 009. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/149\\_5.pdf](https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/149_5.pdf)> Acesso em: 12 de jun. de 2015.

SANTOS, V.P; SANTOS, J.C. **RELAÇÕES DE MERCADO DE TRABALHO RURAL NA PRODUÇÃO DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE SANTA BRANCA – SP.** XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba – 2010. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2010/anais/trabalhos\\_humanas.html](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/trabalhos_humanas.html)> Acesso em: 04 de mar. de 2016.

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 de 2007, IPABHi, p. 147-154.** Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/93>>. Acesso em: 26 de jun. 2015.

SEADE. **Fundação de Sistema Estadual de Análise de Dados (2012).** Disponível em: <[www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br) > acesso: 7 de fev. de 2016.

SINPAPEL. Eu vou plantar uns eucaliptos que é pra ver se eu fico rico. **E-book Celulose Online.** Disponível em: <[http://www.sinpapel.com.br/public/uploads/images/Ebook-CeluloseOnline\\_EucaliptoVouPlantar.pdf](http://www.sinpapel.com.br/public/uploads/images/Ebook-CeluloseOnline_EucaliptoVouPlantar.pdf)> Acesso em: 24 Fev. 2016

TEIXEIRA, A. **O Perfil do Profissional de GIS, 2001. 2p.** Disponível em: <[http://www.fatorgis.com.br/colunas/amandio/2000\\_04\\_04.htm](http://www.fatorgis.com.br/colunas/amandio/2000_04_04.htm)>. Acesso em: agosto de 2014.  
TerraView 4.1.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/terraview](http://www.dpi.inpe.br/terraview). Acesso em: 03 de nov. de 2015.

TERRAVIEW 4.1.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/terraview](http://www.dpi.inpe.br/terraview). Acesso em: 05 de nov. 2015.

USGS; U.S. **Geological Survey U.S. Department** of the Interior. Disponível em:< <http://Landsat.usgs.gov>> Acesso em: 12 de jun. de 2015.

VIANNA, L.G.G.; SATO, A.M.; FERNANDES, M.C.; NETTO, A.L.C. Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geocossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul

(SP/RJ). **Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico**, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 367-369. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2315/122>>. Acesso em: 9 mar. de 2015.