

**A EXPANSÃO DA CULTURA DE EUCALIPTO NA REGIÃO DO
VALE DO PARAÍBA E SUA RELAÇÃO COM AS
CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Fernanda Silva de Rezende (UFF, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: fernandarezende@id.uff.br

Daniel Andres Rodriguez (CCST/INPE, Orientador)
E-mail: daniel.andres@inpe.br

COLABORADOR

Felix Carriello (UFF)

Julho de 2014

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a dinâmica da cultura de eucalipto e a sua expansão sobre a região do Vale do Paraíba Paulista. Através do SPRING – Sistema de Informação Geográfica desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -, foi realizado o processamento e classificação de imagens do satélite *Landsat 5* utilizando o NDVI – Índice de Vegetação Normalizado pela Diferença – que permitiu a divisão da vegetação em classes de Floresta, Não Floresta e Transição. Após este processo, foi utilizado um classificador automático para a classificação da região nas várias classes de interesses de estudo. A pesquisa realizada consiste em uma análise multitemporal da região no período entre 1986 e 2010, com recortes de cinco anos, concluída no último ano com as classificações de 2000 e 2005, completando o ciclo de estudo proposto. Com os dados de classificação realizados, foram relacionados os dados do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para todo o período possibilitando a avaliação econômica da área. Verifica-se que entre 2000 e 2005 houve uma diminuição da área de lavoura temporária de 34.639ha para 31.680ha e nota-se uma dependência do setor em relação às indústrias de papel e celulose. As características geomorfológicas da bacia foram extraídas a partir do Modelo Digital de Elevação obtido por meio do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), utilizando o SIG Terra/Hidro. O Algoritmo HAND (Height Above the Nearest Drainage) possibilitou a divisão do terreno em diferentes ambientes hidromorfológicos. Este procedimento permitiu identificar os ambientes onde há predominância da cultura de eucaliptos, relacionando-os com a rede de drenagem. Com os últimos anos adicionados, foi observado um crescimento de áreas de silvicultura e sua predominância em áreas de vertentes e o resultados para os anos de 2000 e 2005 foram os seguintes, respectivamente: em áreas de vertentes um total de 54% e 47%; em topos de morro – 26% e 27% e em baixo – 20% e 26%.

ABSTRACT

This work aims to analyze the dynamics of eucalyptus and its expansion over the region of Vale do Paraíba Paulista. Through SPRING – Geographic Information System developed by INPE – National Institute for Space Research – the processing and classification of satellite images Landsat 5 was performed using NDVI – Normalized Vegetation Index for Difference – which allowed the division of vegetation class Forest, Not Forest and Transition. After this process was used an automatic classifier or classifying the region of interest in several class of study. The survey consists of a multitemporal analysis of the region between 1986 and 2010, with cutouts of five years, completed last year with ratings of 2000 and 2005, completing the cycle of the proposed study. With data classification carried out were related Census data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) for the entire period enabling the economic assessment of the area. It is found that between 2000 and 2005 there was a decrease in the area of temporary crops 34.639 ha to 31.689 ha and notes a dependency of the sector in relation to the pulp and paper industries. Geomorphological characteristics of the basin were extracted from the Digital Elevations Model obtained by the SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) using the GIS Land/Hydro. Algorithm HAND (Height Above the Nearest Drainage) enabled the division of land in different hydromorphological environments. This procedure allowed us to identify the environments where there is predominance of eucalyptus plantations, relating them to the drainage network. With recent years added, there was a growth of areas of forestry as follows, respectively: in areas of slopes a total of 54% and 47%; on hilltops – 26% and 27% and lowland – 20% and 26%.

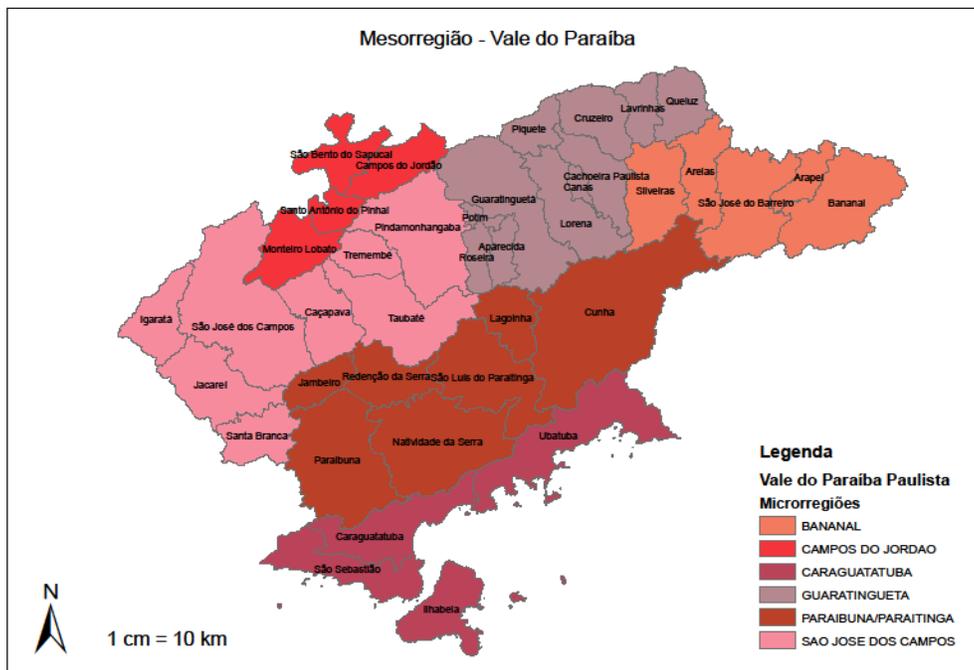
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DADOS	3
3. METODOLOGIA.....	4
Tarefa 5: Obtenção dos dados dos censos do IBGE.....	4
Tarefa 6: Análises das variações espaciais e temporais da cultura de eucalipto	4
Tarefa 7: Cruzamento das informações de uso do solo e das características hidrológicas da bacia.....	5
Tarefa 14: Relacionamento das classificações de todo o período	5
Tarefa 15: Revisão da classificação concluída do ano de 2005	6
4. RESULTADOS	6
5. CONCLUSÃO.....	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

1. INTRODUÇÃO

A mesorregião do Vale do Paraíba Paulista (Figura 1) compreende a área em estudo e está localizado entre o Rio de Janeiro e São Paulo, duas grandes metrópoles brasileiras e possui notórias concentrações de cultura de eucaliptos, sobre tudo no âmbito nacional, onde evidenciam as maiores concentrações de tal atividade sob o território brasileiro. Tal fato pode vir a provocar inúmeras mudanças no ambiente, incluindo a fragmentação de áreas de Mata Atlântica e o empobrecimento do solo, causados pelo desmatamento de grandes áreas para serem destinadas às plantações de eucalipto.

Figura 1 – Mesorregião do Vale do Paraíba Paulista



Fonte: Neves et al, 2013

Com o auxílio de técnicas de processamento de imagens e geoprocessamento, busca-se avaliar toda a dinâmica e expansão da silvicultura sobre a área de estudo em escala

multitemporal e ainda correlacioná-las com dados de altimetria e características hidrológicas do local; além de dados econômicos provenientes de censos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A análise cronológica ocorre entre os anos de 1986 e 2010 com uma temporalidade quinquenal da região. Vale ressaltar, que os anos de 2000 e 2005 foram adicionados durante a continuação do projeto. Nesta análise, trabalha-se com duas cenas do satélite Landsat 5 cuja órbita/ponto são: 218/76 e 219/76, para a área em estudo. A aquisição das imagens se deu a partir do catálogo de imagens do INPE, e foram selecionadas segundo a qualidade e a presença da cobertura de nuvens, uma vez que estas interferem nas informações contidas na imagem. Foram selecionadas três bandas do sensor TM do satélite Landsat 5: Bandas 3, 4 e 5; que correspondem respectivamente às faixas do espectro eletromagnético vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio. Essas bandas foram escolhidas pelo fato de serem ideais para análise de vegetação, pois esse tipo de alvo possui alta reflectância na faixa do infravermelho próximo devido à sua estrutura celular, além da diferenciação de outros alvos como solo exposto, corpos d'água, área urbana (Di Maio e Pires, 2008).

As imagens foram georreferenciadas no sistema de coordenadas UTM/SAD69 e recortadas dentro do limite da área de estudo. Após serem recortadas, as imagens foram divididas em três grupos através do Índice de Vegetação Normalizada pela Diferença. O NDVI é uma razão entre bandas para realçar áreas vegetadas, havendo outras razões de bandas na literatura, servindo para diferenciar diferentes feições (Jensen,2010). Esses grupos consistem em floresta (floresta, silvicultura e mata secundária), não floresta (solo exposto, área urbana, queimadas, afloramento rochoso) e transição (áreas de gramíneas e pastagem). Tal procedimento teve por objetivo facilitar a posterior classificação e a identificação da silvicultura na região. O método utilizado para a classificação foi a não supervisionada, realizada para todos os grupos divididos anteriormente pelo NDVI, essa classificação ainda foi remapeada e editada matricialmente tendo como produto final o mapa de uso e cobertura do solo dos anos de 2000 e 2005, o mesmo procedimento aconteceu para os outros anos dentro do ciclo de estudo proposto.

2. DADOS

Nesta pesquisa, foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 5* correspondendo as órbita/ponto 218/76 e 219/76, modelo digital de elevação e dados referentes à Produção da Silvicultura e Extração Vegetal e Produção Agrícola Municipal. Onde se encontram informações relativas à quantidade produzida na silvicultura, por tipo de produto (Tabela 1) e área total destinada a lavoura temporária (Tabela 2).

Tabela 1 - Quantidade produzida na silvicultura, por tipo de produto

	1990	1995	2000	2005	2010
Carvão Vegetal (Toneladas)	192	992	433	451	289
Lenha (m ³)	390.443	43.481	80.605	90	40.607
Madeira em tora (m ³)	1.854.778	1.219.289	1.662.383	998.362	1.690.252
Madeira em tora para papel e celulose (m ³)	1.784.882	1.091.276	1.662.388	831.627	1.580.926
Madeira em tora para outras finalidades (m ³)	69.896	128.013	39.995	166.735	109.326

Fonte: Produção da Silvicultura e Extração Vegetal – IBGE

Tabela 2 - Área total de lavoura temporária em hectares

Ano	1990	1995	2000	2005	2010
Área	58740	43965	34639	31680	26125

Fonte: Produção Agrícola Municipal - IBGE

Informações do Censo Agropecuário dos anos de 1995 e 2006 também foram utilizadas e correspondem ao número de estabelecimentos e áreas de lavoura permanente de silvicultura e exploração florestal (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de Estabelecimentos e Áreas de Lavoura Permanente de Silvicultura e Exploração Florestal

Grupo de atividade econômica	1995		2006	
	N.E (u)*	A.E (ha)**	N.E (u)	A.E (ha)
Lavoura Temporária	329	74679	1267	76933
Lavoura Permanente	531	19584	773	23285
Silvicultura e Exploração Florestal	27	75447	196	90691

* Número de Estabelecimentos (Unidades)

** Área dos Estabelecimentos (Hectares)

Fonte: Censo Agropecuário e Pesquisa Agrícola Municipal – IBGE

3. METODOLOGIA

Tarefa 5: Obtenção dos dados dos censos do IBGE

Para a obtenção dos dados de Censos do IBGE foi utilizada a plataforma SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), as tabelas geradas já haviam sido trabalhadas em atividades anteriores, mas devido à incorporação de dois novos anos para análise, 2000 e 2005, fez-se necessária a atualização dessas informações.

Tarefa 6: Análises das variações espaciais e temporais da cultura de eucalipto

As classificações de uso e cobertura realizadas no *Spring*, foram exportadas para o *ArcMap* permitindo transformar os dados matriciais para o formato vetorial e ainda selecionar e manipular apenas a classe de interesse, que neste caso, consistia na classe de silvicultura. Inicialmente, encontraram-se valores em metros quadrados que foram convertidos em hectares e a partir do somatório obteve-se a área total da classe em estudo. Estes dados foram recalculados e atualizados para que fossem englobados as informações extraídas dos

novos anos adicionados. Desta forma, foi possível analisar a dinâmica da silvicultura na área de estudo.

Tarefa 7: Cruzamento das informações de uso do solo e das características hidrológicas da bacia

O Algoritmo HAND (Height Above the Nearest Drainage) que corrige o dado topográfico para altitude em relação à célula mais próxima da rede de drenagem (Nobre et al, 2011), possibilitou a divisão do terreno em diferentes classes hidromorfológicas, sendo ele de baixio, topo de morro e vertentes. Os polígonos gerados através de um modelo digital do terreno foram cruzadas com os polígonos referentes as áreas de silvicultura classificadas, incluindo os anos de 2000 e 2005.

Tarefa 13: Análise de todo período

A análise de todo período em estudo compreendido entre os anos de 1986 e 2010 consiste em relacionar os dados econômicos de produção de produtos agropecuários e as classificações de uso e cobertura do solo concluídas.

Tarefa 14: Relacionamento das classificações de todo o período

As classificações de uso e cobertura realizadas possibilitaram uma análise cronológica do desenvolvimento e distribuição dos diversos usos do solo no Vale do Paraíba Paulista. Para esta análise foi necessário fazer o cruzamento entres os anos estudados, agrupados de dois em dois (1986/1990; 1990/1995; 1995/2000; 2000/2005; 2005/2010). As classes de agricultura, corpos hídricos, nuvem (não classificada), pastagem, queimada, silvicultura, solo exposto e vegetação, presentes nos mapas temáticos, foram cruzadas uma a uma simulando possíveis alterações no uso e cobertura do solo, por exemplo, a classe de

vegetação em 86 foi cruzada com a de pastagem em 90. Este procedimento foi realizado no *ArcMap* com o auxílio da ferramenta de interseção, que gerou uma área comum entre as classes temáticas, ao qual foi calculada posteriormente destacando as áreas de mudança e dinâmica de ocupação desse solo.

Tarefa 15: Revisão da classificação concluída do ano de 2005

A classificação de uso e cobertura do ano de 2005 o qual foi adicionado ao estudo em atividades recentes foi revisada objetivando maior veracidade nas informações extraídas. Optou-se pela realização da edição vetorial da classificação no *ArcMap*, diferentemente do que vinha sendo feito, uma vez que a mesma já se encontrava neste formato devido a sua incorporação no banco de dados do *ArcGis* para o cálculo da área das classes presentes. Nesta reedição buscou-se dar maior ênfase à análise e classificação da silvicultura, desta forma, a classe foi editada separadamente e depois agregada à classificação já revisada.

4. RESULTADOS

Tarefa 6: Análises das variações espaciais e temporais da cultura de eucalipto

Os resultados mostram que entre os anos de 2000 e 2005 houve um considerável aumento da área por hectare da cultura de eucalipto, com uma taxa de variação de 6.531ha entre esses anos (Tabela 4).

Acredita-se que este aumento está associado às demandas das indústrias de papel e celulose, que exercem grande influência sobre o local e a economia regional.

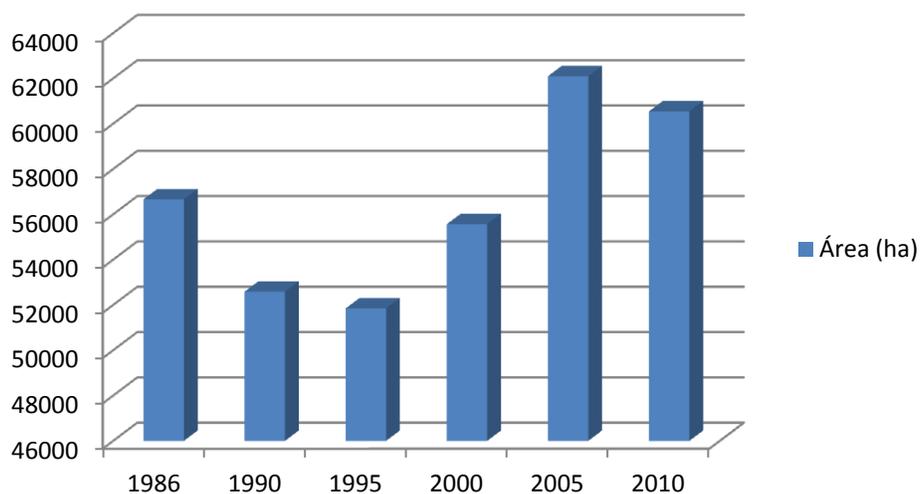
Tabela 4 - Evolução das áreas de silvicultura no Vale do Paraíba/SP

	1986	1990	1995	2000	2005	2010
Área(ha)	56661	52586	51847	55565	62096	60546
Variação	-	-4075	-739	3718	6531	-1550
Percentual	-	-8	-1	7	11	-3

Fonte: Neves, 2014

Os dados da tabela foram organizados conforme o Gráfico 1 para melhor visualização da variação da área plantada de silvicultura. Onde notoriamente percebe-se o declínio entre os anos de 1986 e 1995, com um aumento significativo entre os anos de 2000 e 2005 e já com um novo e pequeno retrocesso da cultura no ano de 2010.

Gráfico 1 - Variação da área plantada de silvicultura



Fonte: autora, 2014.

Tarefa 7: Cruzamento das informações de uso do solo e das características hidrológicas da bacia

Os dados encontrados foram sintetizados conforme a tabela 5 e permitiu identificar onde ocorre a predominância da cultura de eucaliptos em relação às características topográficas.

Tabela 5 - Variação das áreas de silviculturas quanto às classes topográficas.

	1986	1990	1995	2000	2005	2010
Baixio	14272	14030	11804	11388	15903	15274
%	25	27	23	20	26	25
Topo	15624	14086	10853	14287	16723	16796
%	28	27	21	26	27	28
Vertente	26765	24470	29190	29890	29470	28476
%	47	47	56	54	47	47

Fonte: Neves et al, 2013.

As plantações de eucalipto demandam uma grande retirada de água do solo, o que pode comprometer e apresentar riscos à bacia hidrográfica local. O cruzamento de informações do uso do solo e das características hidrológicas permite aferir que em média, 49,6% das plantações de silvicultura concentraram-se em áreas de vertentes, onde são encontradas as nascentes, caracterizando uma área mais sensível desta bacia. Já em topos de morro e baixio as plantações ocorrem com uma média de 26,1% e 24,3% respectivamente. No entanto, a utilização das áreas de topos de morro para tal cultivo, vem sofrendo pequenos acréscimos desde 1995. Observa-se ainda que entre os anos 2000 e 2005 há uma diminuição da utilização de vertentes para o plantio de eucalipto e aumento nas áreas de baixio (várzea) que afeta diretamente as áreas de drenagem.

Tarefa 13: Análise de todo período

Os resultados comprovam que para todo o período, 93,6% da madeira em tora produzida foram destinadas para a produção de papel e celulose evidenciando como este setor atua nesta região e influencia a economia regional. O ano de 2005 é o que possui a menor produção de madeira em tora durante todo o ciclo estudado, correspondendo a 998.362 m³. Observa-se ainda que neste mesmo ano o número de madeiras em tora destinadas a outras finalidades foi o maior compreendendo 166.735m³ da produção.

Outro fator analisado está relacionado às áreas de lavouras temporárias que estão diminuindo à medida que as de silvicultura crescem. Em 1990 a área em hectare de lavouras temporárias era de 58.740ha já em 2010 esse número decresce para 26.125ha o que pode demonstrar uma substituição de lavouras.

Tarefa 14: Relacionamento das classificações de todo o período

Os resultados mais significativos das interseções tangem as classes de vegetação, pastagem e agricultura. Essas classes referentes a um determinado ano foram convertidas em silvicultura no ano seguinte. Os resultados foram sintetizados na tabela 6.

Tabela 6 - Conversão de uso e cobertura do solo

		1986-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
Vegetação	Silvicultura	17.414	22.810	21.430	21.262	16.473
Pastagem		10.738	8.770	9.007	26.532	19.544
Agricultura		1.265	16	218	274	177

Fonte: Autor, 2014.

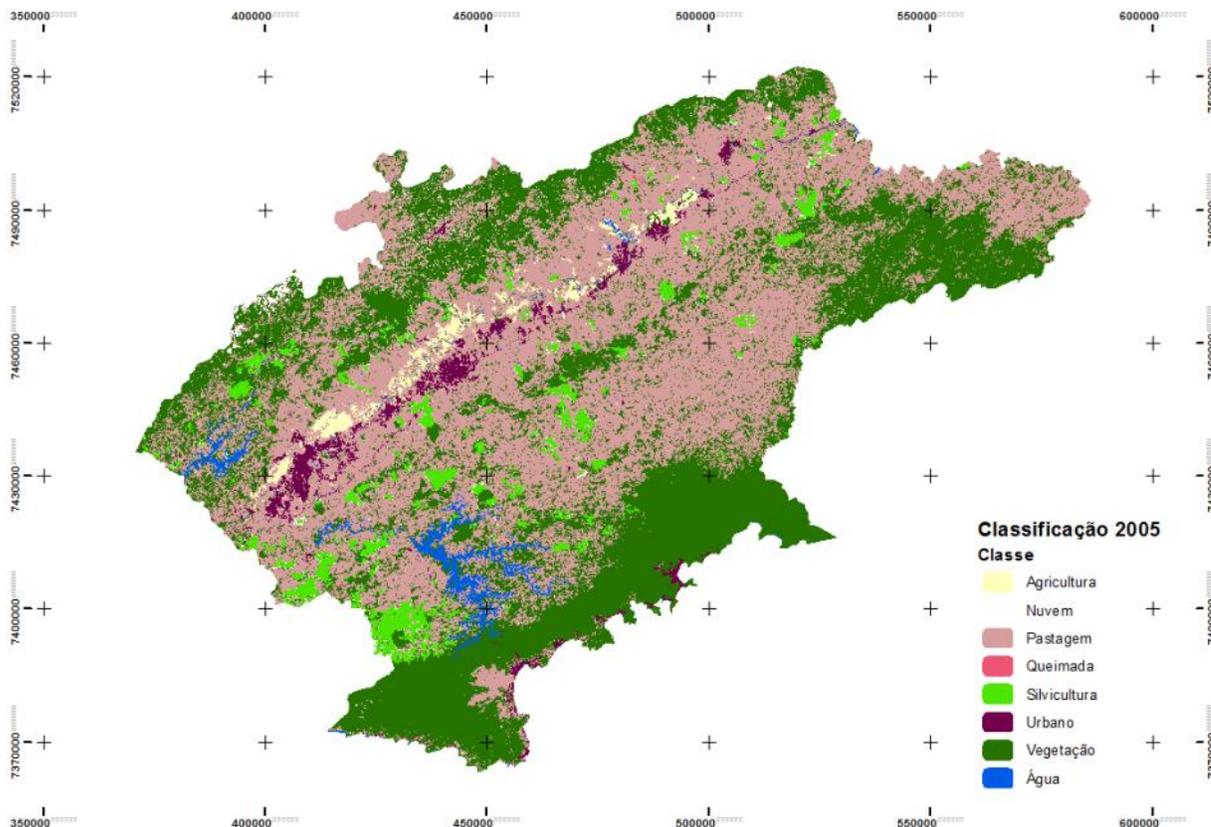
Observa-se, portanto, que durante todo o período analisado expressivas áreas de pastagem vegetação deram lugar ao cultivo de eucaliptos. Essa tendência foi maior entre os anos de 2000 e 2005, quando 21.262 ha de vegetação e 26.532 ha de pastagem foram transformados em Silvicultura, este fato comprova o significativo aumento das áreas de silviculturas

encontradas na classificação de 2005. Já para os anos iniciais (1986 e 1990) esta alteração foi a menor encontrada, compreendendo um total de 28.152 ha de áreas de pastagem e vegetação. A vegetação, portanto, é a classe que mais se altera para dar espaço a esta atividade, tal prática intensifica o desmatamento, a fragmentação da Mata Atlântica e gera consequentes impactos ao local.

Tarefa 15: Revisão da classificação concluída do ano de 2005

Concluída a revisão, as áreas de todas as classes foram recalculadas, encontrando um novo valor para a área de silvicultura, correspondendo a 70.898ha.

Figura 2: Classificação de uso e cobertura do solo de 2005 revisada.



Fonte: autora, 2014.

5. CONCLUSÃO

A utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto foi de suma importância para a realização do trabalho. Os produtos por eles gerados demonstram que podem servir de bases para o ordenamento territorial. A análise multitemporal das classificações de uso e cobertura do solo juntamente com as correlações com dados econômicos obtidos comprovam a influência exercida por indústrias de papel e celulose locais. O cruzamento entre as classificações e os dados obtidos podem subsidiar possíveis zoneamentos

agroecológicos da cultura de eucalipto, já que a medida que a demanda da madeira para a produção de papel e celulose aumenta, a pressão para o plantio de eucalipto também se intensifica. As interseções realizadas salientam que em todo o período em estudo grandes áreas de vegetação são desmatadas para serem destinadas à silvicultura. O zoneamento, portanto, configura-se em uma forma de assegurar que o manejo das silviculturas seja feito de forma correta reduzindo os riscos de impactos causados por este tipo de produção. A metodologia utilizada nesta pesquisa pode ser atribuída a outras áreas, visando o monitoramento de tal cultura, isso se torna possível uma vez que são utilizadas imagens do satélite Landsat, fornecidas gratuitamente e que cobrem todo o território nacional.

Etapas concluídas:

Tarefa 5: Obtenção dos dados dos censos do IBGE

Tarefa 6: Análises das variações espaciais e temporais da cultura de eucalipto

Tarefa 7: Cruzamento das informações de uso do solo e das características hidrológicas da bacia

Tarefa 14: Relacionamento das classificações de todo o período

Tarefa 15: Revisão da classificação concluída do ano de 2005

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DI MAIO, A.C; PIRES I.O: **SIG Aplicado Ao Ordenamento Territorial Municipal - Programa Nacional de Capacitação das Cidades:** in Sensoriamento Remoto - Ministério das Cidades/UFF – Niterói, 2008 p. 27 – 50.

IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática** – Rio de Janeiro. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em 01 de março de 2014.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais **Catálogo de Imagens LANDSAT 5:** São José dos Campos, 2007 – Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em 11 de setembro de 2013.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres.** Editora Parênteses, Rio de Janeiro, cap. 1-5, p. 672, 2010

NEVES, O. M. S. ; CARRIELLO, F. ; RODRIGUEZ, D. A . **A Expansão da Cultura de Eucalipto na Região do Vale do Paraíba Paulista entre 1995 e 2010 e suas relações**

com as características hidrológicas da bacia.. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais do XVI SBSR. São José dos Campos - SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. v. 16. p. 7608-7615.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, H.; RENNÓ, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S.: **Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model.** Journal of Hydrology, 2011 Disponível em: www.elsevier.com/locate/jhydrol Acesso em: 26 de junho de 2012