

**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 Rodrigues (CCST/INPE, Orientador)  
E-mail: daniel.andres@inpe.br

**COLABORADOR**

Felix Carriello (UFF)

Julho de 2016

## RESUMO

O processo histórico de ocupação e os diversos ciclos econômicos brasileiros modificaram a paisagem e alteraram significativamente o bioma original do Vale do Paraíba paulista, criando assim um mosaico constituído de pastos, fragmentos florestais e áreas urbanas. A proximidade com duas grandes capitais brasileiras foi um fator indutor para que as indústrias se instalassem na região. Atualmente, observa-se uma ampla influência econômica exercida pelas indústrias de papel e celulose que vem transformando a paisagem a partir do cultivo de eucaliptos em extensas áreas. Por isso, esse trabalho busca através de uma análise espaço-temporal analisar a dinâmica de expansão da cultura de eucaliptos entre os anos de 1986 a 2015. Na fase atual do projeto, foi atualizado o banco de dados para que este passe a conter informações referentes ao ano de 2015, sendo importadas imagens do satélite *Landsat 8 – OLI*, ao qual foram segmentadas e classificadas de acordo com o uso e cobertura do solo. As tabelas com dados socioeconômicos também foram atualizadas. Ao longo desses 30 anos estudados, foi possível identificar momentos de expansões e regressões desse cultivo que sempre se manteve atuante na modificação da paisagem, onde mais de 56% e 40% da vegetação e pastagem, respectivamente foram convertidas em silvicultura. Verificou-se ainda o desenvolvimento da silvicultura sobre Áreas de Preservação Permanente – APP -, em topos de morro. Com a modificação do Código Florestal em 2012, as APPs em topos de morros foram as que mais tiveram suas áreas protegidas diminuídas em virtude das atuais alterações. Dessa forma, houve a realização do mapeamento das silviculturas em APPs de acordo com o código antigo e com as novas diretrizes estabelecidas pelo Código Florestal brasileiro (Lei nº 12.651 de 2012). A fim de se ampliar os estudos, foi proposta a construção de cenários futuros levando em consideração fatores que influenciam a dinâmica regional sejam eles variáveis ambientais ou socioeconômicas. Esses cenários permitem simular diferentes situações e dinâmicas de uso e cobertura do solo que visam a representação do espaço a longo prazo, de modo a auxiliar à tomada de decisão futura, a minimização e mitigação de impactos e ainda servir de suporte ao zoneamento ecológico econômico e gestão urbana. Dessa forma foi desenvolvido um modelo LUCC- Land Use and Cover Change-, com ênfase na cultura de eucaliptos, que tem por objetivo representar uma tendência futura de uso e cobertura até 2050.

**Palavras-chave:** Mudança de Uso e Cobertura, Sensoriamento Remoto, Modelagem Dinâmica Espacial, Silvicultura

## **ABSTRACT**

The historical process of occupation and the various Brazilian economic cycles have changed the landscape and significantly altered the original biome of the Paraíba Valley, creating a mosaic of grasslands, forest fragments and urban areas. The proximity of two major Brazilian State capitals was a factor inductor for industries to settle in the region. Currently, there is a wide economic influence exerted by the pulp and paper industries that has been transforming the landscape from the cultivation of eucalyptus trees in extensive areas. So, this job search through a space-time analysis analyze the dynamics of expansion of eucalyptus culture between the years of 1986 to 2015. In the current phase of the project, updated the database to which this pass to contain information pertaining to the year 2015, being imported satellite images *Landsat 8-OLI*, which were threaded and classified according to the usage and soil cover. The tables with socioeconomic data were also updated. Throughout these 30 years studied, it was possible to identify moments of expansions and regressions of this cultivation which always remained active in modification of landscape, where more than 56% and 40% of vegetation and grazing, respectively were converted into forestry. It was also found the development of forestry on Permanent preservation areas-APP-in hill tops. With the modification of the forest code in 2012, the APPs on the tops of hills were the ones that had their protected areas diminished in virtue of current changes. Thus, there was the completion of the mapping of forestry in APPs according to the old code and with the new guidelines established by the Brazilian forest code (Law nº. 12.651 of 2012). In order to expand the studies proposed the construction of future scenarios taking into account factors that influence the regional dynamics whether environmental or socioeconomic variables. These scenarios allow you to simulate different situations and dynamics of use and soil cover the representation of space in the long term, in order to assist the future decision-making, minimising and mitigating impacts and still serve to support ecological economic zoning and urban management. Thus was developed a model LUCC-Land Use and Cover Change-with an emphasis on the cultivation of eucalyptus trees, which aims to represent a future trend of use and coverage until 2050.

**Keywords:** Land Use and Cover Change, remote sensing, Spatial Dynamics Modeling, forestry

## SUMÁRIO

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | INTRODUÇÃO .....  | 5  |
| 2.   | MATERIAL E MÉTODOS .....  | 7  |
| 2.1. | CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA .....  | 7  |
| 2.2. | DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO<br>PERMANENTE EM TOPOS DE MORRO..... | 7  |
| 2.3. | MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL .....   | 8  |
| 3.   | RESULTADOS .....  | 11 |
| 3.1. | CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA .....  | 12 |
| 3.2. | DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO<br>PERMANENTE EM TOPOS DE MORRO..... | 11 |
| 3.3. | MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL .....   | 13 |
| 4.   | CONCLUSÃO .....   | 17 |
|      | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 18 |

## 1. INTRODUÇÃO

A área de estudo (Figura 1) corresponde a mesorregião do Vale do Paraíba Paulista compreendendo as microrregiões de Bananal, Campos do Jordão, Caraguatuba, Guaratinguetá, Paraibuna/Paraitinga e São José dos Campos. Estando situado na porção leste do estado de São Paulo, entre as Serra da Mantiqueira, ao norte, e a Serra do Mar, ao sul, que apresenta áreas de Mata Atlântica com grandes fragmentos do bioma preservados.

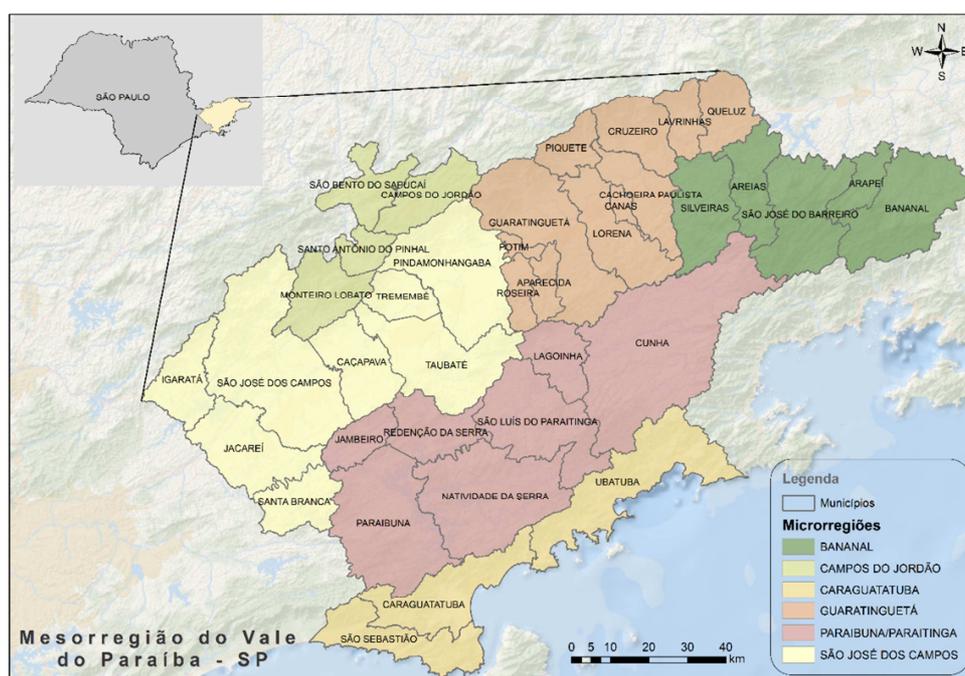


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo: mesorregião do Vale do Paraíba paulista

A região do Vale do Paraíba está localizada em uma área de Mata Atlântica que apresenta altíssimo grau de biodiversidade e endemismo (Carriello; Vicens, 2011), tendo segundo a Organização Não-Governamental Mata Atlântica, (2006) vinte mil espécies de plantas sendo 40% endêmicas.

Historicamente a ocupação do Vale do Paraíba foi caracterizada pela derrubada de grandes áreas de floresta para o plantio de café. Atualmente, grandes regiões têm sido transformadas em áreas de cultivo de eucaliptos, alterando o bioma original. O Vale do Paraíba possui um grande parque industrial e apresenta notórias concentrações de eucaliptos, sobretudo 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 empobrecimento do solo, causados pelo desmatamento de grandes áreas para serem destinadas às plantações de eucalipto. Entender o processo de expansão, a dinâmica e aonde se concentram os cultivos é fundamentalmente importante para gestão ambiental.

Sabe-se que a silvicultura se desenvolve em diferentes níveis topográficos, como vertentes e topos de morro, áreas estas com diversas funções ambientais. O novo Código Florestal brasileiro, Lei nº 12.651 aprovada em 2012, trouxe inúmeras mudanças no que tange as Áreas de Preservação Permanente, as novas diretrizes alteram as que até então estavam definidas através da Resolução nº 303 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 20 de março de 2002, levando para uma consequente diminuição de APPs, principalmente no que se refere às APP de topos de morro. O crescimento populacional atrelado à expansão urbana e desenvolvimento econômico industrial acarretou a ocupação indevida de grandes áreas, incluindo as áreas de preservação permanente, que estão relacionadas diretamente às funções ambientais que resultam em bens e serviços ligados à regularização da vazão, retenção de sedimentos, conservação do solo, recarga dos lençóis freáticos, o ecoturismo e a biodiversidade (Borges et al., 2011).

São muitas as mudanças de uso ocorridas no Vale do Paraíba em sua maioria influenciada pelos ciclos econômicos brasileiros, crescimento populacional e pela demanda industrial. Sendo assim, os estudos multitemporais em volta da mudança de uso e cobertura da terra se tornam importantes para entender a dinâmica local e para o monitoramento ambiental. O avanço desses estudos e ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto permitem hoje não só analisar o passado e presente, mas como também fazer proposições futuras, a fim de simular como a área estudada estaria daqui a alguns anos, levando em consideração aspectos ambientais e socioeconômicos. Dessa forma, o presente estudo visa com o auxílio de técnicas de processamento de imagens e geoprocessamento, avaliar a dinâmica e expansão da silvicultura no Vale do Paraíba paulista, em escala multitemporal. A atual fase do projeto tem como objetivos:

- Realizar a classificação de uso e cobertura da terra para o ano de 2015;
- Delimitar as Áreas de Preservação Permanente em topos de morro (Lei nº 12.651/12);
- Construir modelos de simulação de uso e cobertura com a utilização do Dinamica-EGO

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPOS DE MORRO

De acordo com o Novo Código Florestal, é considerada APP em topos de morro, montes, montanhas e serras aquelas cuja “*altura mínima é de 100 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação*”. Para fins de delimitação dessas áreas foi utilizada a metodologia proposta por Oliveira; Fernandes-Filho, (2013), ao qual tem como dado base o modelo digital de elevação com resolução espacial de 90 metros proveniente do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Esse MDE passou por um pré-tratamento que visava à identificação de anomalias nas curvas de nível, sendo posteriormente invertido para que fosse possível identificar os pontos de topo de elevações em função da direção de fluxo de escoamento. Em seguida foram identificados os pontos de sela mais próxima das elevações, que permite delimitar a base do morro pela cota do ponto de sela. Foi ainda gerado um mapa de declividade para identificar áreas com média maior que 25 graus. A altura dos morros foi mensurada, delimitando o terço superior e por fim as áreas de preservação permanente.

As APPs delimitadas foram cruzadas com as áreas de silvicultura mapeadas para os anos entre 1986 a 2010 de modo a identificar se há o crescimento ou não do plantio de eucaliptos sobre áreas de preservação, o que pode ocasionar no comprometimento das funções ambientais realizadas pelas APPs.

### 2.2. CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA

No intuito de ampliar os estudos temporalmente foi proposto à realização da classificação de uso e cobertura da terra para o ano de 2015, de modo a analisar a dinâmica e mudanças em um período de 30 anos. Este procedimento foi realizado através do SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Câmara et al.,

1996), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Para tanto, foram importadas ao banco de dados do projeto imagens do sensor OLI a bordo do satélite *Landsat 8*, de setembro/2015, cuja a órbita-ponto são: 218/76 e 219/76. A metodologia aplicada para esta classificação consiste na aplicação do cálculo de NDVI (Índice de Vegetação Normalizada pela Diferença), ao qual segundo Ponzoni, (2001), utiliza informações contidas nas reflectâncias de dosséis referentes às regiões do vermelho e do infravermelho próximo que são combinadas sob a forma de razões. A partir das informações resultantes do NDVI foram geradas máscaras temáticas, que tem por objetivo fatiar a imagem em três diferentes áreas, são elas: Floresta, Não-Floresta e Transição. Posteriormente, essas fatias passaram pelo processo de segmentação, classificação e mapeamento. O processo de classificação utilizado foi o de não-supervisionada, onde o operador não precisa ter um conhecimento prévio da área, utilizando-se de um classificador para discriminar os alvos e classificar regiões a partir de uma imagem segmentada. Por fim, como forma de minimizar os erros oriundos da classificação automática foram feitas correções no mapa. A figura 2 sintetiza os procedimentos adotados para a classificação de uso e cobertura.



Figura 2. Fluxograma sintetizado da metodologia adotada para a realização da classificação de uso e cobertura no SPRING 4.3

### 2.3. MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL

A modelagem espacial de uso e cobertura vai além de uma análise temporal entre presente e passado, possibilitando o entendimento das alterações da paisagem e simular as mudanças que irão ocorrer no futuro, uma vez que os modelos podem ser utilizados para

quantificar espacialmente as transições de uso e cobertura da terra ao longo de um determinado período de tempo e investigar a influência de variáveis próximas nessas transições (Kawashima et al., 2015), podendo assim identificar padrões de mudanças, seus impactos no meio ambiente e projetar ainda que de forma tendenciosa cenários futuros para o Vale do Paraíba paulista simulando diversas situações com base em aspectos ambientais e socioeconômicos.

Os modelos são construídos no Dinamica-EGO desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto (CSR), da Universidade Federal de Minas Gerais. Esses modelos são baseados em autômatos celulares onde cada célula depende de seu estado prévio e de um conjunto de regras de transição de acordo com sua vizinhança, sendo todas as células atualizadas simultaneamente a passos discretos de tempo (Burrough, 1998; Soares-Filho; Araújo; Cerqueira, 2001). Para a modelagem foram consideradas as alterações ocorridas no período entre os anos de 2000 e 2005, onde as maiores conversões tangem as classes de pastagem, silvicultura e vegetação. Nesse período quase 19 mil hectares de pastagem foram convertidos em silvicultura enquanto 17.500 hectares de vegetação deram origem ao plantio de eucaliptos.

O processo de modelagem pode ser dividido em três fases importantes. A primeira refere-se à calibração do modelo que tem por objetivo identificar as transições ocorridas durante entre 2000 e 2005 a partir dos mapas de uso e cobertura e ainda selecionar as melhores variáveis que irão influenciar o modelo. Inicialmente foram incorporadas nove variáveis, são elas: altitude, declividade, densidade de rodovias, densidade hidrográfica, áreas de preservação permanente em topos de morro, tipos de solos, unidades de conservação e vegetação. Nesta etapa, foram calculados os pesos de evidência que são aplicados para produzir mapas de probabilidades de transição, que representam as áreas mais favoráveis para uma mudança (Soares-Filho; Rodrigues; Costa, 2009). A segunda fase consiste na validação do modelo realizando assim a identificação de padrões espaciais entre o mapa simulado no modelo e o mapa de paisagem classificada inicialmente. Para isso, empregou-se uma função de decaimento exponencial com a distância para ponderar a distribuição do estado da célula ao redor de uma célula central (Soares-Filho; Rodrigues; Costa, 2009) na qual resultou em índices de similaridade entre as mudanças simuladas e as reais. Já a terceira etapa fundamenta-se nos modelos de simulação que são aplicados para estimar e projetar os diferentes cenários sociais, ambientais e econômicos com uma



de vegetação e uma diminuição das áreas de pasto. Vale ressaltar, que o objetivo central dos cenários é o comportamento das atividades de silvicultura em longo prazo no Vale do Paraíba e, portanto, são utilizados apenas seis tipos de conversões de uso.

Tabela 1. Matriz de transição anual entre as principais classes temáticas

|              | Para | Pastagem | Silvicultura | Vegetação |
|--------------|------|----------|--------------|-----------|
| De           |      | 4        | 5            | 7         |
| Pastagem     | 4    |          | 0.006        | 0.04      |
| Silvicultura | 5    | 0.024    |              | 0.13      |
| Vegetação    | 7    | 0.03     | 0.008        |           |

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPOS DE MORRO

O mapeamento das áreas de preservação permanente seguindo os parâmetros estabelecidos pela Lei nº 12.651 de 2012 resultou em uma área total de 2.071 hectares o que não chega a compreender 1% da área total da região. Em atividades anteriores do projeto já havia sido delimitada as áreas de preservação permanente em topos de morro de acordo com o antigo Código Florestal de 1965. Com a atual delimitação foi possível cruzar os dois resultados evidenciando uma abrupta diminuição de APPs em topos de morro, que chega a uma redução de 99,63% de áreas que deixam de ser consideradas áreas de preservação. Confrontando as APPs com as áreas de silvicultura durante 25 anos é possível aferir que em média 21 hectares de plantio de eucaliptos se desenvolvem em áreas de preservação permanente. A consolidação de atividades nesses locais atinge diretamente a função e serviços ambientais, comprometendo o fluxo gênico da flora e fauna, preservação da biodiversidade e a formação dos corredores ecológicos. A figura 5 apresenta as APPs delimitadas no Vale do Paraíba paulista.

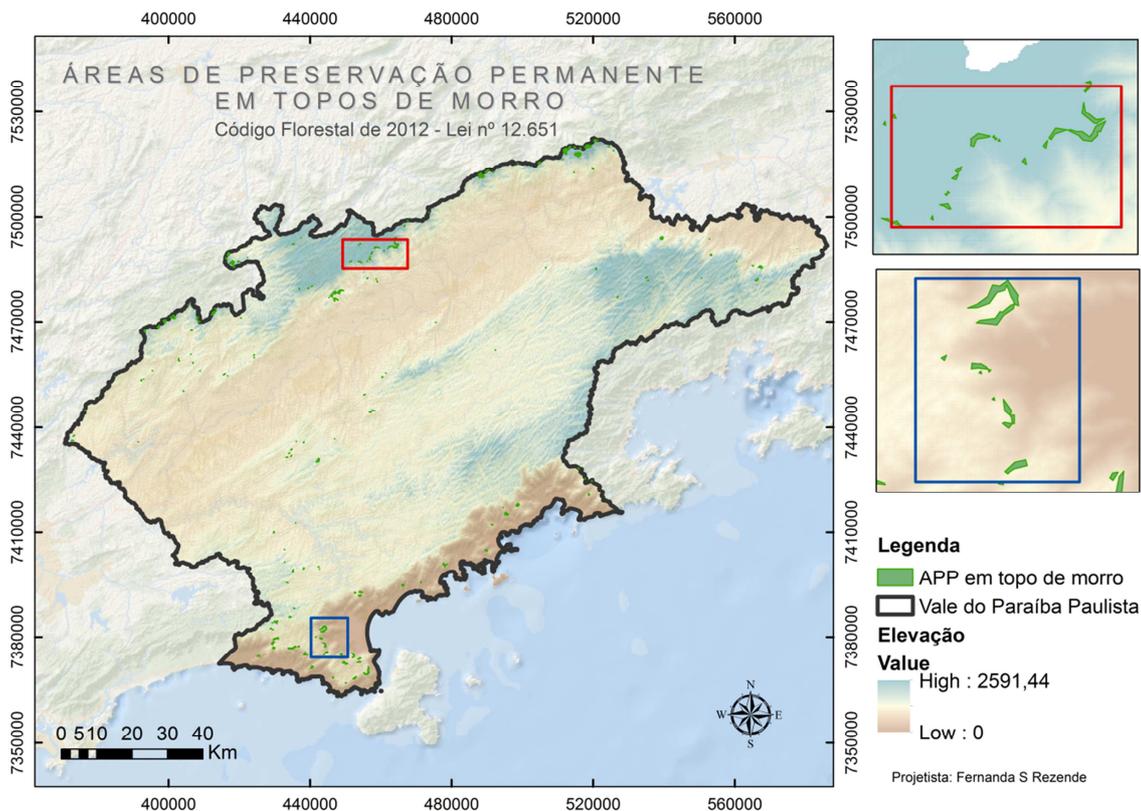


Figura 4. Áreas de preservação permanente em topos de morro - Código Florestal de 2012 - Lei nº 12.651

### 3.2.CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA

A Figura 4 mostra o mapa temático de uso e cobertura elaborado para o ano de 2015 que permitiu analisar o panorama atual da mesorregião. Os resultados apontam para um crescimento do cultivo de eucaliptos totalizando aproximadamente 73.500 hectares. Contudo, ao comparar esta classificação com a de 2010 nota-se além da expansão da cultura de eucaliptos, um crescimento das áreas de pastagem e consequente diminuição das áreas de floresta.

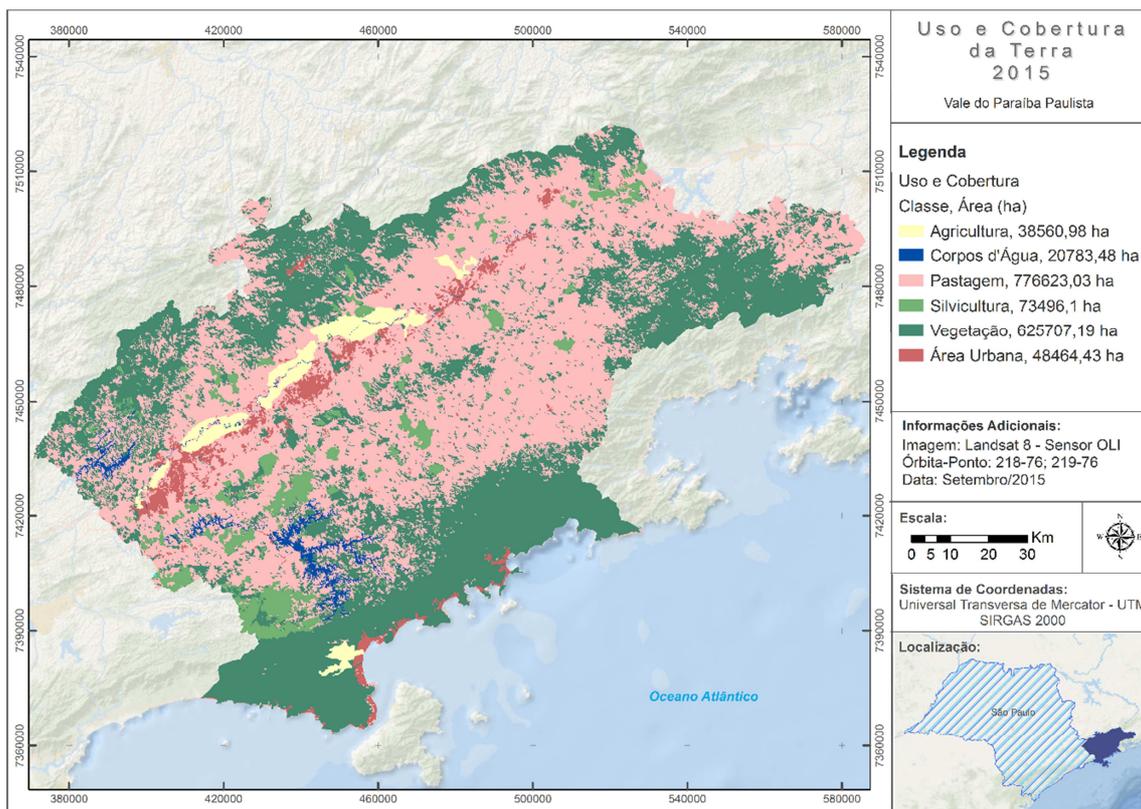


Figura 5. Mapeamento de Uso e Cobertura da terra para o ano de 2015

### 3.3.MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL

A construção de cenários de simulação de mudanças de uso e cobertura são complexos devido as diversas interações que ocorrem na área de estudo. O cálculo das matrizes de transição que indicam os percentuais de mudanças de uma classe temática a outra foi fundamental para se constatar tal complexidade. Baseando nas classificações de 2000 e 2005 foram encontradas 37 diferentes conversões de uso e determinar parâmetros para todas essas transições se torna um grande desafio para a gestão territorial, ambiental e também para a modelagem. Sabe-se que as transições mais significativas estão relacionadas as classes de pastagem, vegetação e silvicultura e é em cima dessas classes que são propostas as paisagens futuras. No período estudado a silvicultura tem 13% da sua área convertida em vegetação ao passo que as áreas de florestas têm uma taxa de conversão para o cultivo de eucaliptos de 0,8%. Anualmente, 3,8% de áreas vegetadas são convertidas em pastagem e silvicultura, contudo, sabe-se que tais áreas são suprimidas por outras atividades

como agricultura e expansão urbana, o que leva a índices maiores de desmatamento. Além disso, as áreas de pastos crescem 5,4% ao ano e perde em torno de 4,6% de suas áreas, mostrando-se também vulneráveis as ações das atividades supracitadas. Quando se trata de silvicultura nota-se um crescimento de 1,4% ao ano, totalizando 7% durante os cinco anos.

As variáveis adicionadas ao modelo correspondem a condicionantes que podem ou não influenciar a expansão da silvicultura. A partir dos pesos de evidências é possível verificar tal influência, onde os pesos positivos favorecem a conversão e os negativos repelem as mudanças. A independência espacial é um fator importante nesse processo, para isso foram aplicados testes estatísticos que variam de 0 a 1, onde os pares de variáveis com valores acima de 0,5 são considerados correlacionados, tendo as unidades de conservação com os maiores índices de correlação.

A Tabela 2 apresenta os índices de similaridade obtidos a partir da validação por múltiplas janelas, comparando a paisagem real e a simulada. A partir da janela 7x7 identifica-se valores de similaridade máxima acima de 50% chegando no maior índice na janela 11x11 totalizando 63%. Comparativamente o mapa simulado de 2005 apresentou uma área de silvicultura de 55.108 ha, enquanto no mapa de referência neste mesmo ano totaliza 57.484 hectares, havendo assim uma diferente de 2.376 hectares entre os mapas.

Devido à complexidade das interações que ocorrem na região, a dificuldade em eleger variáveis, a dinâmica socioeconômica e ambiental, esses resultados foram considerados satisfatórios para o estudo.

Tabela 2. Índices de Similaridade utilizados para a validação do modelo

| Janela de Amostragem | Similaridade Mínima | Similaridade Máxima |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1 x 1                | 0.17                | 0.25                |
| 3 x 3                | 0.36                | 0.44                |
| 5 x 5                | 0.45                | 0.50                |
| 7 x 7                | 0.52                | 0.53                |
| 9 x 9                | 0.56                | 0.58                |
| 11 x 11              | 0.58                | 0.63                |

A simulação de uso e cobertura (Figura 6) mostra uma tendência de mudanças que podem ou não ocorrer ao longo dos anos. Como visto, a Mesorregião estudada passou por diversas mudanças na paisagem devido a ciclos econômicos como do café, a expansão urbana, o desenvolvimento industrial e a eventual demanda das indústrias de papel e

celulose. Modelar essas interações é difícil pois não se consegue prever por exemplo, crises econômicas e eventos extremos que podem influenciar diretamente as mudanças do espaço.

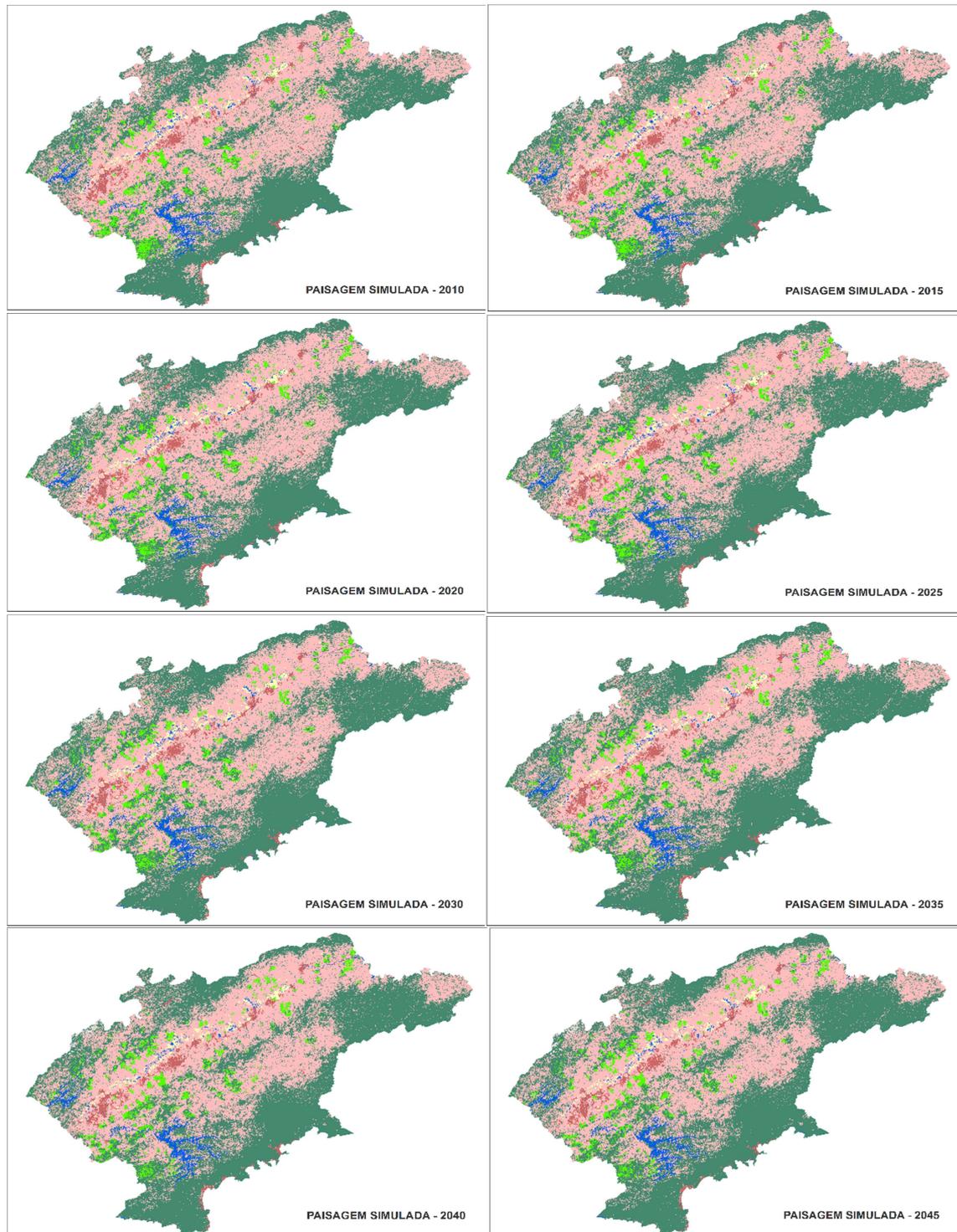


Figura 6. Cenários Futuros simulados dos anos entre 2010 - 2045 com uma temporalidade quinquenal da região, onde o verde escuro representa a vegetação, verde claro a silvicultura e em rosa a pastagem.

A Figura 7 mostra o cenário construído para 2050 ampliado para possibilitar a melhor visualização das mudanças.

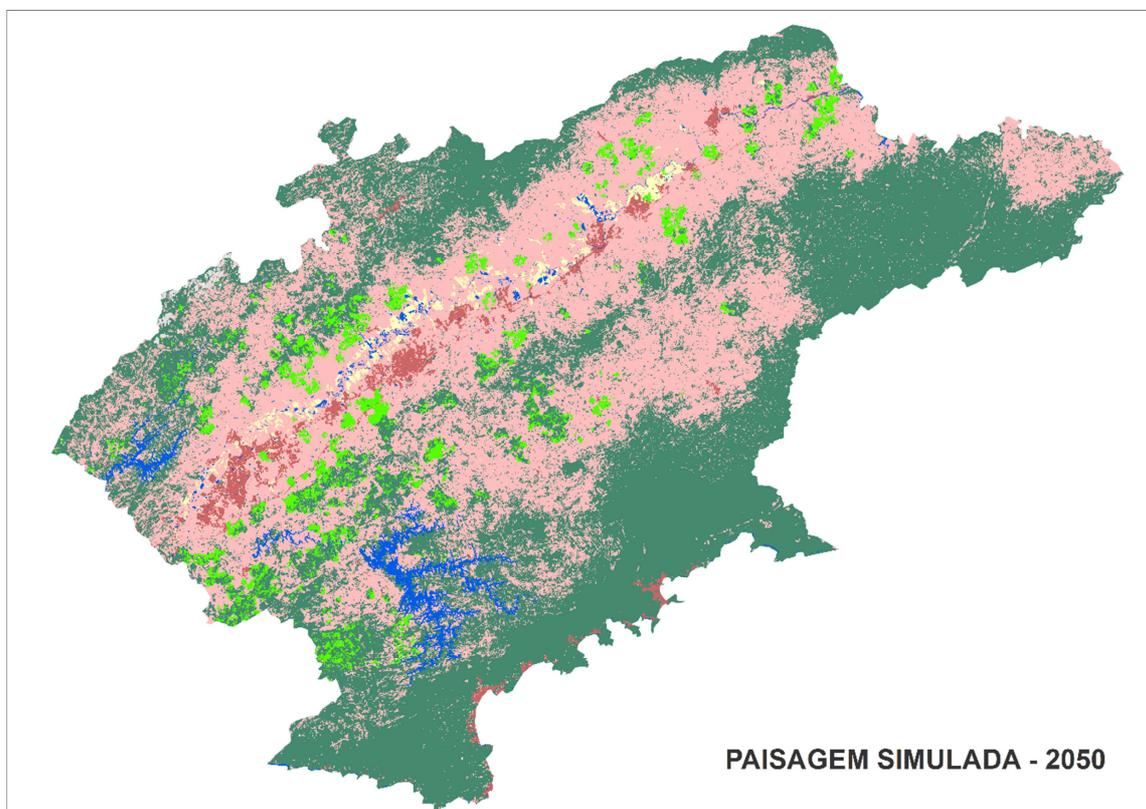


Figura 7. Paisagem simulada de uso e cobertura do Vale do Paraíba paulista simulada para o ano de 2050. Onde o verde escuro representa a vegetação, verde claro a silvicultura e em rosa a pastagem.

Percebem-se pequenas expansões e formação de novas manchas de silvicultura, contudo devido ao fato das taxas de conversão: (a) de silvicultura para pastagem e (b) de silvicultura para vegetação ser maiores houve a pulverização de algumas manchas influenciadas também pela probabilidade de mudança, isso fez com que manchas mais concentradas passassem a ser divididas.

Como forma de buscar a melhor interpretação dos resultados, as áreas totais em hectares obtidas foram sintetizadas na Tabela 3.

Tabela 3. Áreas em hectares de pastagem, silvicultura e vegetação simuladas

| Classe \ Ano | 2010      | 2015      | 2020      | 2025      | 2030      | 2035      | 2040      | 2045      | 2050      |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pastagem     | 764237,65 | 751874,92 | 740538,13 | 730117,20 | 720484,01 | 711536,46 | 703350,89 | 695824,19 | 688875,70 |
| Silvicultura | 58957,47  | 59582,59  | 60133,04  | 60633,38  | 61055,57  | 61437,03  | 61773,69  | 62068,67  | 62338,44  |
| Vegetação    | 670993,96 | 682706,75 | 693467,86 | 703371,66 | 712570,43 | 721127,00 | 728967,75 | 736190,05 | 742858,92 |

Notoriamente, os modelos seguiram a tendência evidenciada no período 2000 – 2005 apresentando um crescimento da silvicultura e vegetação e o decréscimo das áreas de pasto. As áreas de pastagem por sua vez chegam a perder 75.361 ha, enquanto percebe-se que em torno de 72 mil hectares de floresta foram recuperados. Em 2010, por exemplo, existem, no Vale do Paraíba, aproximadamente 59 mil hectares de silvicultura na paisagem simulada, enquanto no mapa real para esse ano apresenta um total de quase 60.500 hectares, um valor próximo a este seria alcançado apenas em 2025 no modelo de simulação. O ano de 2050 como já esperado possui a maior área da cultura de eucaliptos, contabilizando 62.338 ha, contudo como mapeado nesta fase do projeto, em 2015 já se encontram mais de 70 mil hectares de silvicultura na região, mostrando um crescimento descontínuo e acelerado desse cultivo ao qual não foi possível mapear com os parâmetros estabelecidos para a modelagem.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste período foi confeccionado um artigo referente a uma análise multitemporal da ocorrência de silvicultura em áreas de preservação permanente em topos de morro comparando as áreas mapeadas pelo antigo e novo código florestal. Também foi submetido à *Applied Geography* o artigo intitulado “*Assessment of the impacts in the regional socioeconomic structure due to forestry expansion in the Paraíba Valley – Brazil using remote sensing imagery*” como co-autora do mesmo.

Além disso, foram concluídas três principais tarefas desse período: (1) classificação de uso e cobertura da terra para o ano de 2015; (2) delimitação das áreas de preservação permanente em topos de morro seguindo os parâmetros estabelecidos pelo novo Código florestal brasileiro – Lei nº 12.651/2012; (3) desenvolvimento de cenários de mudanças de uso e cobertura.

As metodologias aplicadas para o desenvolvimento das atividades propostas no período vigente de bolsa se mostram com resultados satisfatórios. Em particular, reconhecem-se as limitações para a modelagem dinâmica ambiental, em virtude de todas as interações ambientais, sociais e econômicas e que algumas não foram levadas em conta, devido a dificuldade de prever determinadas interações. Contudo, dada à continuidade da pesquisa pretende-se buscar melhores ajustes do modelo para que se obtenha no processo de calibração, validação e simulação resultados mais fiéis a realidade, e ainda propor diferentes cenários ambientais e econômicos para a região, alterando assim a dinâmica que foi avaliada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, L. A. C. et al. Áreas De Preservação Permanente na Legislação Ambiental Brasileira. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 41, n. 7, p. 1202–1210, 2011.

BURROUGH, P. A. Dynamic modelling and geocomputation. In: LONGLEY, P. A. et al. (Eds.). . **Geocomputation: a primer**. [s.l.] Willey, 1998. p. 290.

CÂMARA, G. et al. Spring: integrating remote sensing and gis by object- oriented data modelling. **Computers & graphics**, v. 2, 1996.

CARRIELLO, F.; VICENS, R. S. **Silvicultura de eucalipto no vale do Paraíba do Sul/SP no período entre 1986 e 2010**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...**Curitiba, PR: INPE, 2011

KAWASHIMA, R. S. et al. **Análise das mudanças temporais de cobertura da terra na região portuária da Baixada Santista-SP e a proposição de modelos de dinâmica espacial**. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento - SBSR. **Anais...**João Pessoa - PB: 2015

MATA ATLÂNTICA. **Fundação S.O.S Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.sosmataatlantica.org.br>>. Acesso em: 19 mar. 2009.

OLIVEIRA, G. D. C.; FERNANDES-FILHO, E. I. **Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**2013

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P. R.;

MADEIRA NETO, J. C. (Eds.). . **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília - DF: Universidade de Brasília - UNB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 157 – 199.

SOARES-FILHO, B. S.; ARAÚJO, A. A.; CERQUEIRA, G. C. **DINAMICA – Um software para simulação de dinâmica de paisagens**. II Workshop Tratamento de imagens. **Anais...**Belo Horizonte, MG: 2001

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; COSTA, W. L. **Modelagem de Dinâmica Ambiental com Dinamica EGO**. Belo Horizonte, MG: Centro de Sensoriamento Remoto/Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2009.