

## Aplicação de técnicas de processamento de imagens no mapeamento de talhões de Eucalipto no município de Caçapava, SP

Naiara Carolina Pontes Santos<sup>1</sup>  
Rene Antonio Novaes Júnior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP  
Caixa Postal 8088 – 12.244-000 – São José dos Campos - SP, Brasil  
naiara@dsr.inpe.rbr

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
rene@dsr.inpe.br

**Abstract.** The high productivity reached by forestry plantations makes that the intensive handling assume increasingly importance in the supply of wood for industrial and power generation. According to the Forestry Institute from São Paulo state (IF/SP), the region of the Vale do Paraíba, located to the southeast of Brazil, has shown a growth in the occupation of areas for forestry, mainly of Eucalyptus monoculture, that has a great social and economical value. According to Lima (2008), about 20 years ago, the Vale do Paraíba has been taken by Eucalyptus plantations. Analyzing some satellite images, it was found that the city of Caçapava, state of São Paulo, belonging to cities of the Vale do Paraíba which has been expanding the growth area of Eucalyptus. The Remote Sensing is a tool that allows an immediate analysis and even the avaluation of a large area of forest cover, find the importance of this tool for monitoring areas of Eucalyptus, once this type of forest has a dinamism very fast. In this context, the objective is to identify plantations areas of this kind on the city aforesaid, using satellite images of 1989 with a spatial resolution of 30 meters from TM sensor, aboard the Landsat-5, through different processes.

**Palavras-chave:** *remote sensing, digital image processing, Eucalyptus, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, Eucalipto.*

### 1. Introdução

A alta produtividade alcançada por plantações florestais faz com que seu manejo intensivo assuma cada vez mais importância no suprimento de madeira para fins industriais e para geração de energia. Segundo o Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF/SP), a região do Vale do Paraíba, situada à Sudeste do Brasil, vem apresentando um crescimento na ocupação de áreas destinadas à silvicultura, principalmente de monoculturas de Eucalipto.

De acordo com Lima (2008), há cerca de 20 anos que o Vale do Paraíba vem sendo tomado por plantações de Eucalipto, devido à região ser alagadiça e plana, propícia para este tipo de monocultura. Esta floresta é caracterizada por impedir que outras plantas se desenvolvam na mesma área, pois possui uma capacidade muito competitiva e também interfere na fauna da região. O Eucalipto é uma árvore que possui raiz pivotante, e sua madeira é reta e uniforme. Possui um grande valor social e econômico, sendo utilizado como carvão vegetal, essência madeireira e terapêutico na área da saúde e, atualmente utiliza-se como matéria prima na produção de papel e madeiramento estrutural na área da construção civil.

Visto que o Sensoriamento Remoto é uma ferramenta que permite uma análise da área de estudo imediata e ainda, a avaliação de uma grande área de cobertura florestal, constata-se a importância desta ferramenta para o monitoramento das áreas de Eucalipto, uma vez que este tipo de floresta possui um dinamismo muito acelerado, podendo comprometer toda a região.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar as áreas de plantios deste gênero no município de Caçapava, SP, através de diferentes tipos de processamentos.

## 2. Metodologia do Trabalho

A metodologia deste trabalho seguiu o fluxograma abaixo:

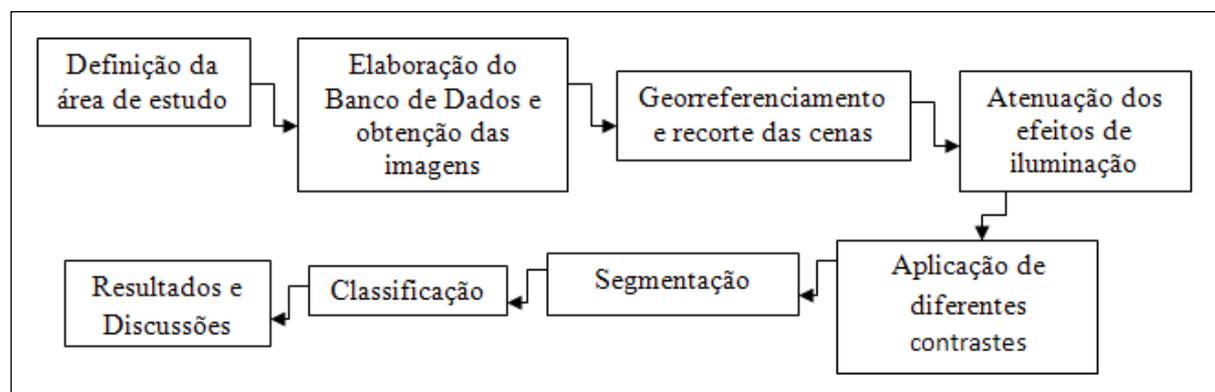


Figura 1: Fluxograma das atividades.

### 2.1. Área de Estudo

O município de Caçapava se localiza no Médio Vale do Paraíba do Sul do Estado de São Paulo, situado entre as coordenadas de 45° 43' 37'' de longitude oeste e 23° 04' 50'' de latitude sul. É interligada por meio das Rodovias Presidente Dutra e Carvalho Pinto da capital do Estado. Os municípios limítrofes são Monteiro Lobato ao norte, Jambeiro e Redenção da Serra ao sul, Taubaté a leste e São José dos Campos a oeste.

A área territorial do Município é de 378 Km<sup>2</sup>, sendo que 20,4% (77,14Km<sup>2</sup>) correspondem à área urbana e 79,6% (300,86Km<sup>2</sup>) a rural. Sua população é de aproximadamente 85.181 habitantes de acordo com a estimativa do IBGE em 2009.

Localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e banhado pelo Rio Paraíba do Sul, possui outros corpos d'água importantes como os rios Santa Cruz, ribeirão Turvo, ribeirão Iriguaçu, rio Divisa, rio Claro, ribeirão dos Mudos, ribeirão Tuvu.

Esta região é caracterizada pelo clima tropical com verões quentes e chuvosos e invernos secos. A média das temperaturas fica em torno de 26,9°C, sendo que nos meses mais quentes do ano a temperatura média é de 27,8°C enquanto que nos meses mais frios a temperatura chega a 16,3°C. A umidade relativa média fica em torno de 76,6% e a precipitação média dos municípios do Vale do Paraíba fica em torno de 1.335 mm.

Quanto ao solo é representado pela classe de solos GLEI Úmido Alico (HGHA), que são solos hidromórficos pouco profundos que apresentam horizonte A com alto teor de matéria orgânica. Estes solos são provenientes de deposições orgânicas e sedimentos aluviais argilo siltosos e situam-se nas várzeas associados aos solos orgânicos e aluviais (RADAMBRASIL, 1983 citado por Simi Jr. et al. 1997). Quanto à topografia, é ondulada na parte alta e plana na várzea do município e chegando a íngreme nas alturas da Serra do Mar e da Mantiqueira.

Analisando algumas imagens de satélite, verificou-se que o município de Caçapava vem ampliando a área de cultivo do Eucalipto e, devido a esta constatação, optou-se por aplicar algumas técnicas de Processamento Digital de Imagens para o mapeamento desta monocultura.

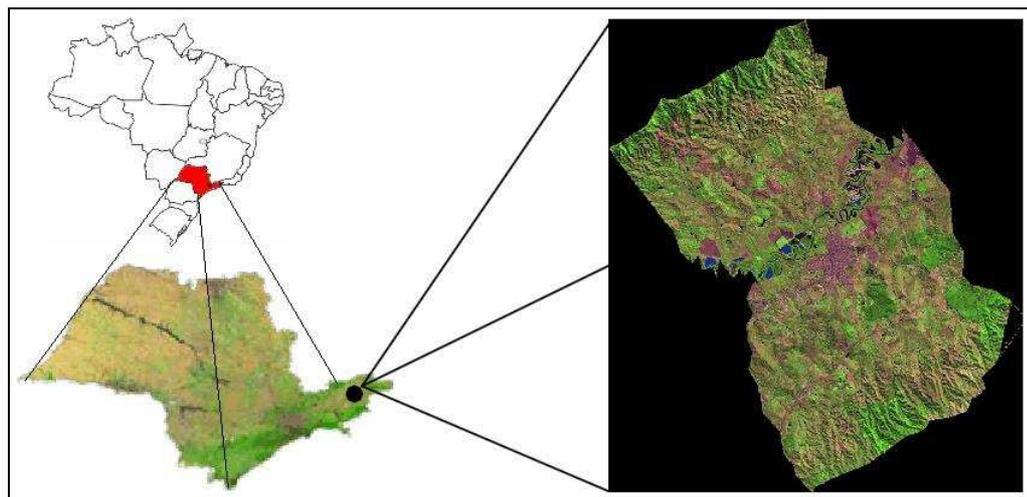


Figura 2: Localização da área de estudo.

## 2.2. Elaboração do Banco de Dados e Obtenção das Imagens

Foram analisadas imagens dos anos 1984, 1989, 1995, 1999, 2004 e 2009, com resolução espacial de 30 metros do sensor TM, abordo do satélite Landsat-5, órbita/ponto 218/76, mediante técnicas de geoprocessamento, através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG); neste caso utilizou-se o Spring 5.1.6. A projeção adotada foi a *Universal Transverso de Mercator* (UTM) e DATUM *South American Datum* (SAD 69). Portanto, neste trabalho optou-se por apresentar o resultado obtido com a análise da imagem do ano de 1989.

## 2.3. Georreferenciamento e recorte das cenas

Após a elaboração do banco de dados, realizou-se o georreferenciamento das imagens, que é a relação entre as coordenadas da imagem com as coordenadas geográficas. Os pontos de controle foram coletados na imagem do satélite LANDSAT-7 do ano de 2000, fornecida pelo projeto GEOCOVER da NASA, servindo de base para georreferenciamento. Em sequência, as imagens foram importadas para o banco de dados e recortadas, utilizando o mapa de limites dos municípios do Estado de São Paulo como máscara de recorte.

## 2.4. Atenuação dos Efeitos de Iluminação

Para atenuação dos efeitos de iluminação, foi calculada a Razão de Bandas que realça as diferenças espectrais das bandas utilizadas, caracterizando cada curva espectral dos alvos; o cálculo do Índice de Vegetação Normalizada – NDVI que também realça as diferenças espectrais entre a vegetação e o solo, porém têm os efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de visada parcialmente compensados pela normalização e a aplicação das “Principais Componentes” que desconsidera as informações redundantes das bandas utilizadas, pois as mesmas possuem “informação” similar devido o efeito de sombras. Esta redundância espectral pode interferir em um bom resultado, motivo da aplicação dessa ferramenta, gerando assim novas imagens espectrais, onde cada uma terá a sua própria característica. Neste trabalho, optou-se por utilizar a terceira componente, uma vez que possui menos informações que as demais, não recebendo tanta interferência de sombra, por exemplo.

Das bandas utilizadas, analisando o gráfico do comportamento espectral do solo e da vegetação para o sensor TM, a banda 3 refletiu mais no visível, já a banda 4 refletiu mais no infravermelho-próximo e por fim a banda 5 no infravermelho-médio. Com isso, verificou-se que a maior reflectância da vegetação é na banda do infravermelho-próximo e do solo no infravermelho-médio.

## 2.5. Aplicação de Contrastes

A aplicação dos diferentes tipos de contrastes foi definida empiricamente, após a realização de testes nas imagens. O realce de contraste é um pré-processamento que visa melhorar a qualidade visual das imagens. A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada "pixel", com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem.

## 2.6. Segmentação

A segmentação da imagem foi por "crescimento de regiões" que consiste na identificação das regiões homogêneas da imagem, onde cada pixel possui uma "característica". Foram então definidos, o limiar de similaridade e o limiar da área de abrangência para que pudesse realizar a segmentação. Os pixels que satisfizerem esses critérios serão agrupados com os demais que correspondem ao seu vizinho de acordo com a área (número de pixels) estabelecida.

## 2.7. Classificação

A classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O resultado final de um processo de classificação é uma imagem em que cada pixel contém a informação de uma classe, ou tema, associado ao ponto de cena correspondente.

Com o intuito de se obter um mapeamento com maior exatidão, foi feita a classificação não-supervisionada por crescimento de regiões. Essa técnica agrupa os pixels conforme suas características e os rotula. As regiões são definidas pelo grau de similaridade. Este processo é repetido até que nenhum outro agrupamento possa ser feito. Para tanto, utilizou-se o classificador ISOSEG. Este classificador leva em consideração o valor mínimo de diferença entre os diferentes níveis de cinza; a matriz de covariância e o limiar de agrupamento, que é o número mínimo de pixels utilizados na individualização de uma área. O limiar de aceitação do agrupamento aplicado foi de 75%.

Foram criadas as seguintes classes para a associação da classificação:

- Eucalipto (áreas de reflorestamento, onde se verifica uma textura menos rugosa e uma forma geométrica mais definida);
- Nativa (formações vegetais predominantemente arbóreas e arbustiva-arbórea, bem como as fases sucessoras dessas formações vegetais, desde que constituídas por espécies de ocorrência natural);
- Pastagem/ Culturas (vegetação gramínea, sendo utilizada para agropecuária, por exemplo, e também áreas de plantações agrícolas);
- Urbano (área urbana do município de Caçapava);
- Água (corpos d'água, bem como lagoas, rios e outros...).

## 3. Resultados e Discussões

Na etapa da atenuação dos efeitos de iluminação, para os cálculos da Razão de Bandas e do "NDVI", é necessário estabelecer um fator de ganho e offset. Para este trabalho, foram utilizados os valores de 200 e 20, e 80 e 20, respectivamente, após a realização de vários testes.

Em relação ao realce, ele permite variações dentro do intervalo original de tons de cinza, para outro intervalo e é utilizado para aumentar o contraste de uma imagem. Dentre os diferentes tipos de realce que podem ser aplicados à manipulação do histograma, foram utilizados o:

- Linear: A função de transferência é uma reta e é controlada a sua inclinação, que se refere ao aumento no contraste e o ponto de interseção com o eixo X, que controla a intensidade média da imagem final.
- Logarítmico: Aumenta o contraste em feições escuras (valores de cinza baixos) da imagem original, porém o realce é válido para um intervalo menor de níveis de cinza baixos (escuras) sobre um grande aumento de contraste
- Negativo: O contraste ocorre de modo que as áreas escuras (baixos valores de nível de cinza) tornam-se claras (altos valores de nível de cinza) e vice-versa.
- Equalização do Histograma: Reduz o contraste em áreas muito claras ou muito escuras e expande os níveis de cinza ao longo de todo intervalo. A opção de equalização parte do princípio que o contraste de uma imagem seja otimizado se todos os 256 possíveis níveis de intensidade sejam igualmente utilizados.

Para a imagem original, utilizou-se a banda 3 no canal vermelho, a banda 4 no canal verde e a banda 5 no canal azul. Já para as imagens processadas, o canal vermelho recebeu a imagem com razão de bandas, o canal verde a imagem com o cálculo do NDVI e por fim, o canal azul a principal componente 3.

Para as imagens processadas, foram aplicados os seguintes contrastes nos canais vermelho, verde e azul, respectivamente: (1) Linear, Linear e Linear; (2) Linear, Negativo e Linear; (3) Logaritmo, Negativo e Linear; (4) Linear, Logaritmo e Linear; (5) Equalização do Histograma, Negativo e Linear; (6) Linear, Negativo e Negativo; (7) Negativo, Negativo, Negativo.

Na segmentação, houve certa confusão, em relação às áreas de pastagem e áreas de culturas, porém tendo como objetivo o mapeamento dos talhões de Eucalipto, as regiões de pastagens e culturas foram agrupadas em uma mesma classe. O limiar de similaridade e área (pixel) foram 20 e 12.

Após a segmentação, foi realizada a classificação. Com isto, obteve-se 31 planos de informação na imagem. Esses planos foram editados de acordo com a verificação verdadeira da área, utilizando as imagens processadas e também a original. Por fim, esses planos foram reclassificados de acordo com os temas criados (Eucalipto, Nativa, Pastagem/ Culturas, Urbano e Água).

Na junção dos vários planos de informação, aplicou-se um algoritmo da linguagem LEGAL do SPRING e então foram realizadas as últimas edições/ correções no mosaico final.

Vale ressaltar que quando feita a classificação, observou-se que em áreas ribeirinhas (proximidades das margens do Rio Paraíba), o classificador entendeu algumas áreas como plantação de Eucalipto, porém na confecção do mapa da cobertura vegetal, essas áreas foram consideradas NATIVAS. Tal ocorrência pode-se justificar devido às diferenças de umidade do solo.

Os parâmetros do solo que influenciam na radiação refletida pela superfície, segundo Carvalho (2003) são vários, porém, a literatura cita como mais importantes os óxidos de ferro, a umidade, a matéria orgânica, a granulometria, a mineralogia da argila e o material de origem. A rigor, a quantidade de energia refletida por um determinado tipo de solo é função de todos esses fatores. Em determinadas condições a influência de um parâmetro, na energia refletida pelo solo, sobrepuja a dos outros, resultando, assim, num espectro característico daquele parâmetro. Quando o solo é molhado, sua coloração toma-se mais escura. Isto ocorre porque a absorção da radiação eletromagnética aumenta devido à presença da água, fazendo com que a reflectância do solo decresça na região do visível e do infravermelho próximo ao espectro eletromagnético, quando comparado ao seu estado seco. Solos úmidos, em geral, apresentam uma reflectância menor que os secos, na faixa de comprimento de onda de 400 a 2600 nm (Hoffer e Johannsen, 1969).

#### 4. Conclusão

Observa-se na figura 3, a dificuldade para diferenciar as áreas de vegetação nativa dos talhões de Eucalipto. Se observada a figura 4, verifica-se que apenas com a composição das imagens processadas “Razão de Bandas”, “Principais Componentes” e “NDVI”, já foi possível observar a diferença entre a vegetação nativa e as áreas com talhões de Eucalipto.

Todos os contrastes aplicados neste trabalho obtiveram bom resultado para interpretação, porém o que melhor respondeu ao esperado foi a aplicação do contraste 6, conforme a figura 5, pois realça a diferença entre as vegetações. (Canal vermelho, verde e azul, sendo realce Linear com espalhamento do histograma, Negativo e Negativo, respectivamente).

A classificação foi realizada tendo como base as imagens processadas e verificou-se uma baixa confusão entre os alvos em questão. Foi testado também o classificador por pixel, no caso o MaxVer, porém optou-se pelo classificador não-supervisionado (Isoseg), uma vez que ele considera as informações espectrais e espacial e como já dito, foi o que propiciou um resultado mais exato no caso deste trabalho, conforme nota-se na figura 6.

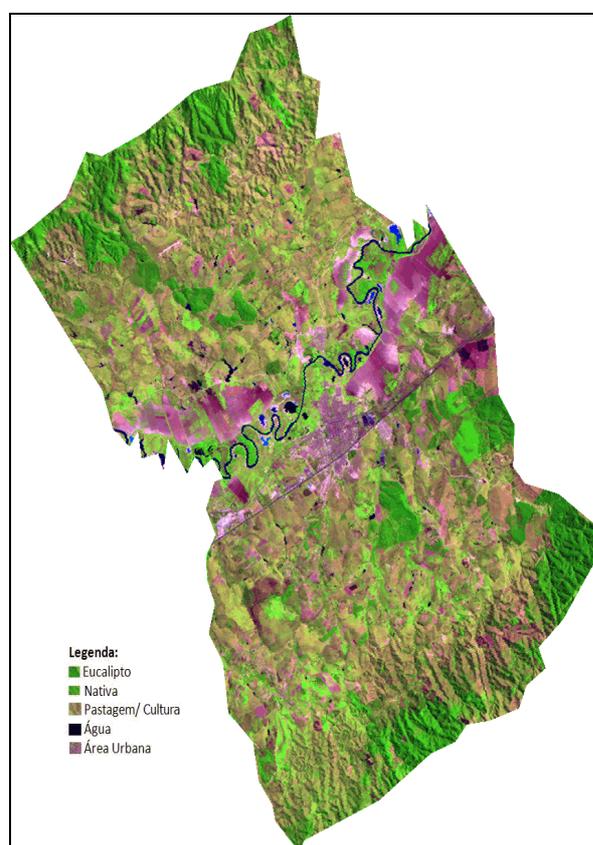


Figura 3. Imagem original: banda 3 - vermelho, banda 4 - verde e banda 5 - azul.

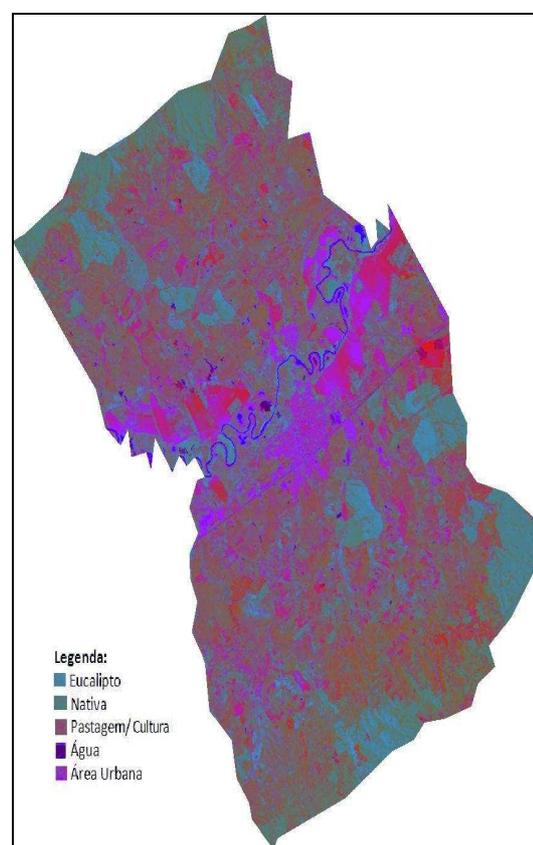


Figura 4. Imagem processada sem contraste: razão de bandas – vermelho, NDVI – verde e PC - azul.

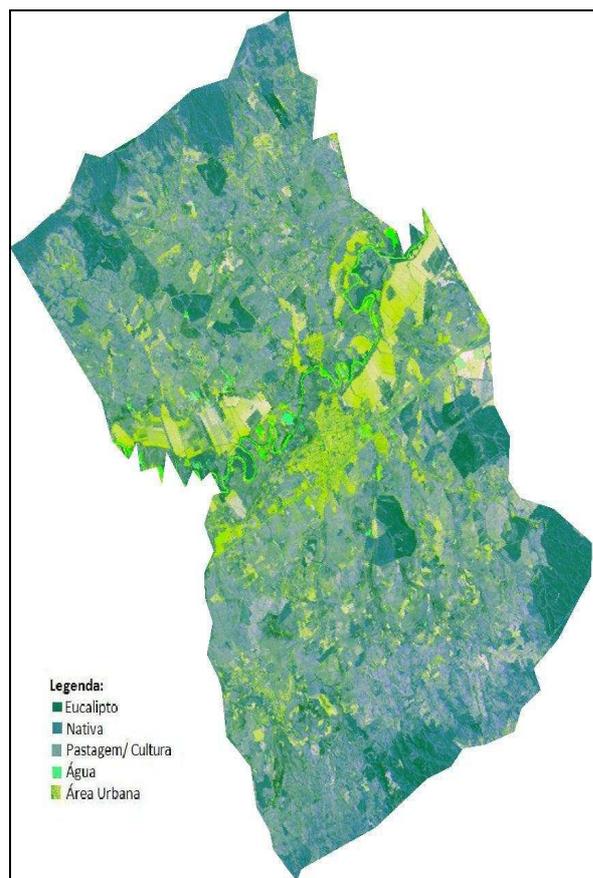


Figura 5. Imagem processada e com contraste: Linear, Negativo e Negativo.

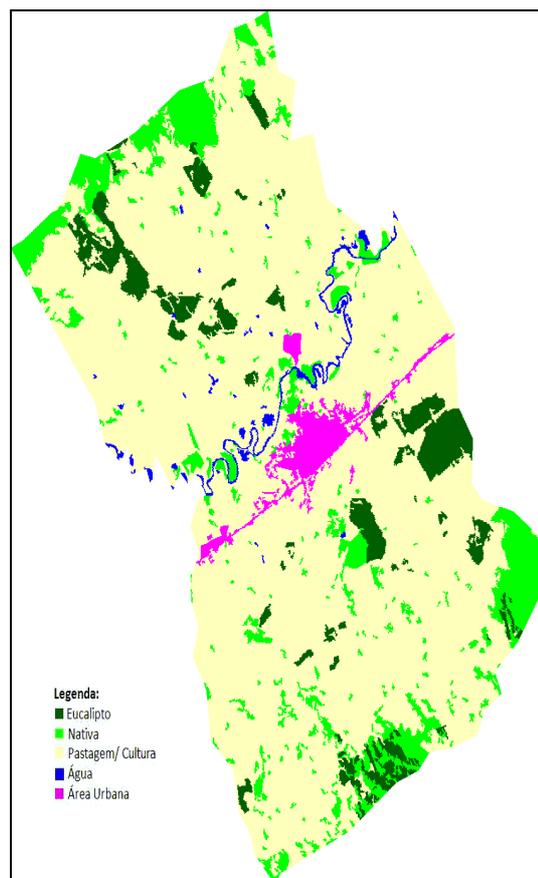


Figura 6. Mosaico final.

## 5. Bibliografia

Bins, L. S.; Fonseca, L. M. G.; Erthal, G. J.; Mitsuo, F. Satellite Imagery Segmentation: a region growing approach. 1996. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, INPE, p. 677-680.

Câmara Municipal de Caçapava. Disponível em: <<http://www.camaracacapava.sp.gov.br/novapagina/Cacapava.htm>>. Acesso em Junho de 2010.

Conese, C. et al. Forest classification by principal component analyses of TM data. International Journal of Remote Sensing, v. 9, n. 10-11, p. 1597-1612, Setembro 1988.

Carvalho, A. A. Fundamentação Teórica para Processamento Digital de Imagens. 2003. Referencial teórico para monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <[http://www.epamig.br/geosolos/MN\\_GEO/monografia.pdf](http://www.epamig.br/geosolos/MN_GEO/monografia.pdf)>. Acesso em 06 Outubro 2010. Cap. 3.

Divisão de Processamento de Imagens – Tutorial SPRING. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_pro.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_pro.html). Acesso em 03 de Outubro de 2010.

Faria, S. D. Uma abordagem morfológica para casamento de padrões. 1997. 101 p. (INPE-6346-TDI/597). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1997. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/faria/1997/04.16.15.30>>. Acesso em 03 Novembro de 2010. Cap. 1, pgs 1 e 2.

Florenzano, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. – São Paulo: Oficina de textos, 2002.

Geoprocessamento, Mapas e Imagens de satélite. Disponível em: <http://www.gismaps.com.br/divpol/divpol.htm>. Acesso em Abril de 2010.

Goes, C. A.; Mello Filho W. L.; Carvalho, M. Avaliação do desempenho de diferentes classificadores (Ioseg, Bhattacharyya, Maxver e Maxver-ICM), utilizando imagens CCD/CBERS-1 e ETM+/Landsat-7 fusionadas. Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 1, n. 2, p. 80-89, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em Junho de 2010.

Lima, L. E. C.; Questão da Monocultura de Eucalipto no Vale do Paraíba, 2008. Disponível em: <http://recantodasletras.uol.com.br/artigos/1122038>. Acesso em Setembro de 2010.

Moreira, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação. São José dos Campos, SP: INPE, 2001.

Novo E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.. São Paulo: Edgard Blucher, 1989, v.2000. 269p.

Pereira, J. C. D.; Stuion, J. A.; Higa, A. R.; Higa, R. C. V.; Shimizu, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de Eucalipto plantadas no Brasil. Embrapa Florestas, Documento 38, p 7-10.

Projeto GEOCOVER – NASA. Disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Acesso em Fevereiro de 2010.

Ribeiro, M. L. Novas formas de ocupação do meio rural e natural no município de Caçapava - SP: o caso do entorno do núcleo de Guamirim (Piedade). 2001. (INPE-8860-TAE/54). Dissertação de Mestrado - Universidade do Vale do Paraíba. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, São José dos Campos. 2001. Disponível em: [http://urlib.net/bol.com.br/mirian\\_cris/2003/01.17.10.30](http://urlib.net/bol.com.br/mirian_cris/2003/01.17.10.30). Acesso em 08 Setembro 2010.