



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**



## **Determinação e Análise de Áreas de Proteção Permanente Para Rios de Médio e Grande Porte Utilizando Imagens RapidEye, Segundo Novo Código Florestal Brasileiro**

**RELATÓRIO DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**(PIBIC/CNPq/INPE)**

**Período de Julho de 2017 à Julho de 2018**

**Danielle Silva de Paula (UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**E-mail: [danielle.paula@inpe.br](mailto:danielle.paula@inpe.br)**

**Dra Jussara de Oliveira Ortiz (DPI/INPE, Orientador)**

**E-mail: [jussara@dpi.inpe.br](mailto:jussara@dpi.inpe.br)**

**Dr. Sérgio Rosim (DPI/INPE, Coorientador)**

**Dr Laércio M. Namikawa (DPI/INPE, Colaborador)**

**São José dos Campos**

**Julho 2018**

## RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para determinação e classificação de uso e ocupação do solo em Áreas de Proteção Permanente (APP), seguindo o código florestal vigente. A metodologia do trabalho é realizada através de softwares de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto desenvolvidos na Divisão de Processamento de Imagens- DPI-INPE. Para o desenvolvimento da metodologia foi selecionada a cena 2328411 da constelação de satélites RapidEye de alta resolução do ano de 2012, que abrange uma área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, onde se localiza a cidade de São José dos Campos. Após a escolha da área de estudo foi realizada a extração automatizada da drenagem da imagem utilizando o procedimento desenvolvido por Namikawa (2016). Foi constatado que o delineamento do rio foi comprometido em alguns pontos do trajeto devido à presença de vegetação do tipo macrófitas, as quais impediram a leitura correta dos níveis de cinza na imagem. Após a correção manual, das áreas identificadas com macrófitas, foi iniciada a fase de determinação automática das APPs através do software EXAPP na plataforma TerraHidro. Foi possível constatar a importância de considerar as macrófitas no trajeto do rio, pois, neste caso, corresponderam a cerca de 31.4% do leito do rio. O resultado da determinação das macrófitas mostrou que, antes da correção manual, a APP correspondia à 12.551km<sup>2</sup> e depois passou à 15.292km<sup>2</sup>. Essa diferença, de 2.741 km<sup>2</sup>, representa 17.9% de aumento de área, que não deve ser desconsiderada no cálculo das APPs. Fica assim, evidenciada a importância de considerar as vegetações flutuantes no processo de determinação de APPs. Na sequência foram realizadas duas classificações de uso e ocupação do solo dentro das APPs, em quatro propriedades disponibilizadas pelo Cadastro Ambiental Rural - CAR, a primeira classificação foi gerada com o algoritmo Bhattacharya e a segunda foi interpretada visualmente, utilizando ortofotos da secretaria de meio ambiente do estado de São Paulo. Os resultados das classificações foram submetidos à análise de concordância Kappa, que evidenciou um excelente desempenho entre os anos analisados. Com isso, pode-se afirmar que existe uso e ocupação dentro de algumas das propriedades analisadas e que eles sofreram modificações no decorrer do tempo.

## ABSTRACT

This work had as main objective the development of a methodology for the determination and classification of land use and occupation in Permanent Protection Areas (APP), following the current forest code. The methodology of the work for the execution through procedures of Geoprocessing and Remote Sensing developed in the Division of Image Processing - DPI-INPE. For the application of the methodology was selected the scene 2328411 of the high resolution (5 meters) RapidEye satellite constellation of the year 2012, which covers an area of the Paraíba do Sul River Basin, where it is located the city of São José dos Campos. After a choice of the object of study, an automated drainage extraction was performed, from the image, using the method developed by Namikawa (2016). The determination PPA was made using EXAPP software (DPI / INPE) on the TerraHidro platform (ROSIM, S.). In the process of determining the APP it was possible to verify that it is extremely important to consider the macrophytes around the river. The edition to separate the macrophytes showed a difference of 31.4% in the bed of the river. The result of the determination of the macrophytes showed that before the edition, the APP corresponded to 12,551 km<sup>2</sup> and then passed to 15,292 km<sup>2</sup>, showing a difference of 2,741 km<sup>2</sup>, which represents a 17.9% increase in the area. Thus, the importance of considering as floating vegetation in the process of determining APPs is evidenced. After the correct determination of the riverbed and the APP, classification of the land use and occupation within the APP was carried out. For evaluation of the implementation of the forest code were considered four properties on the river banks, provided by the Rural Environmental Registry (CAR). With the classification of uses and land occupation, was possible to carry out a comparative timeline of the evolution of the degradation of APPs. Therefore it was applied the kappa coefficient of agreement, which demonstrated an excellent index between semi-automatic ratings on RapidEye image and manual in ortofotos. The results showed that the properties were declared correctly, but there is occupation within the APP, disrespecting the current defined preservation forest code.

# Sumário

<b>1- INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
1.1-Descrição da área de estudo.....	6
<b>2-REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>8</b>
2.1- Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.....	8
2.2- Áreas de Proteção Permanente (APP).....	9
2.3- Sistema de informação geográfica (SIG).....	10
2.4 - Sistemas de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING.....	11
2.5 – TerraHidro.....	12
2.6 – Transformações de RGB para IHS.....	12
<b>3-DESENVOLVIMENTO</b>	<b>14</b>
3.1-Processos de extração do leito do rio e correção manual.....	15
3.2-Determinação da APP.....	21
3.3-Classificação do uso e ocupação do solo.....	22
3.4-Análise dos primeiros resultados.....	26
<b>4-SEGUNDA FASE</b>	<b>28</b>
4.1-Propriedades analisadas.....	29
4.2 -Sobreposição das classificações com a APP.....	30
4.3- Coeficiente Kappa.....	35
<b>5-CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>38</b>
<b>6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>41</b>

## **1-INTRODUÇÃO**

A discussão sobre a escassez da água na região sudeste tem sido cada vez maior, devido à diminuição dos níveis dos reservatórios, Cantareira e o Alto Tietê, localizados no estado de São Paulo.

Nesse cenário a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é de extrema importância para o abastecimento hídrico dos estados pelos quais ele passa, os quais são grandes polos industriais e populacionais do país. Sua nascente, resultado da fusão dos rios Paraíba e Paraitinga, interior paulista, passa pelo estado de Minas Gerais e deságua no Oceano Atlântico (RJ), sendo, também, o principal manancial de abastecimento do estado do Rio de Janeiro.

Atualmente o Rio Paraíba é o foco de diversos estudos, pois percorre grandes cidades e vem sofrendo constantes ações antrópicas que estão acelerando sua degradação. Na região do vale do Paraíba, por exemplo, o cultivo de café, arroz e eucalipto tem se tornado cada vez mais intenso. Segundo Souza Jr e Daniel (2010), “Nas últimas décadas houve um aumento substancial no abastecimento de água da população urbana situada na Bacia do Paraíba do Sul. Devido a esse aumento por recursos hídricos causados pela expansão demográfica na região da bacia, as prefeituras locais e seus serviços autônomos, bem como as empresas estaduais de saneamento, procuraram atender a esse aumento de demanda através do acréscimo do fornecimento de água de um modo quase que automático, sem a mesma contrapartida em relação ao esgotamento sanitário”.

A partir deste contexto é possível avaliar a importância da preservação das APPs, delimitando estas áreas que são limites de proteção absoluta nas margens dos rios e efetuando o monitoramento constante. A Manutenção preventiva destas áreas garante as condições necessárias para preservação hídrica, para o equilíbrio geológico, ecológico e para a qualidade de vida dos seres vivos.

Para auxiliar ações na bacia do Rio Paraíba do Sul, esta pesquisa tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para a determinação e avaliação das APPs, ao redor de rios de médio e grande porte, observando o código florestal brasileiro

vigente (lei nº 12.651/ 12, Art. 3 Parágrafo II). Para tanto, se propõe o uso de imagens do satélite RapidEye, disponibilizadas pelo GeoCatálogo do Ministério do Meio Ambiente que tem imagens multiespectrais para todo o Brasil (MMA, 2016).

Este relatório descreve as atividades realizadas no período de julho de 2017 à Junho de 2018. Estas atividades foram desenvolvidas na Divisão de Processamento de Imagens, DPI/INPE.

### 1.1-Descrição da área de estudo

A área de trabalho corresponde à uma cena do satélite RapidEye, que tem o Rio Paraíba do Sul como objeto principal de estudo, localizada dentro dos limites municipais de São José dos Campos, interior do estado de São Paulo como pode ser observado na Figura 1.

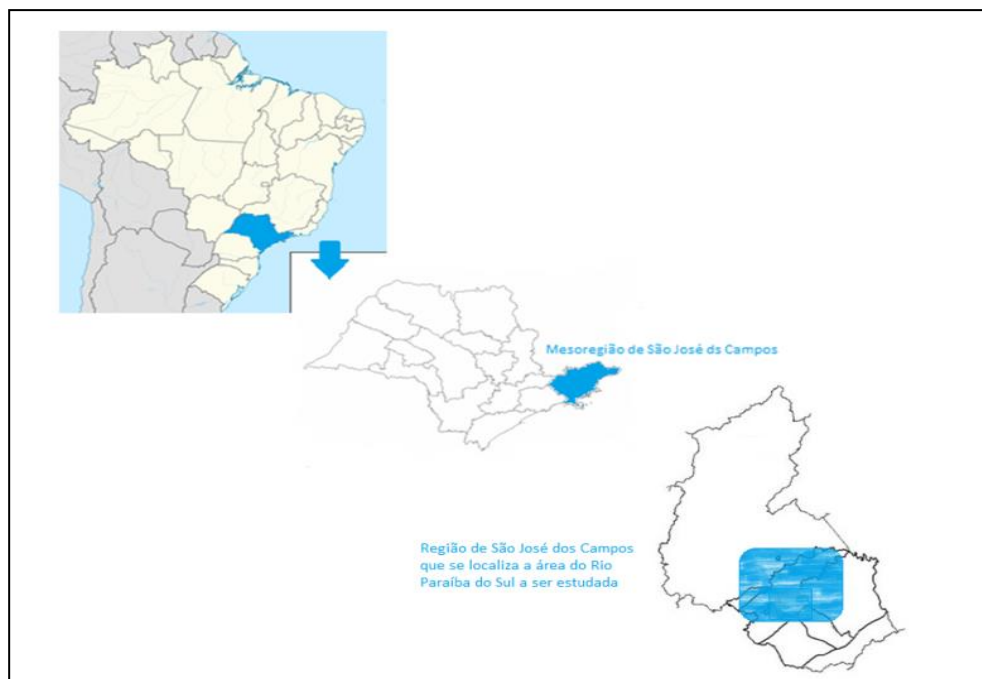


Figura1. Localização da área de estudo: O Rio Paraíba do Sul próximo ao centro da cidade de São José dos Campos.

As cenas da constelação de 5 satélites têm pixel com resolução de 5 metros, com 5 bandas multiespectrais: azul (0.44 à 0.51  $\mu\text{m}$ ), verde (0.52 à 0.59  $\mu\text{m}$ ), vermelho (0.63 à 0.685  $\mu\text{m}$ ), Red-Edge (0.69 à 0.73  $\mu\text{m}$ ) e infra vermelho próximo (0.76 à 0.85  $\mu\text{m}$ ) (BLACKBRIDGE, 2015). A cena selecionada corresponde à cena 2328411, passagem do dia 03 de julho de 2012, mostrada na Figura 2.

Os limites da APP de estudo no entorno da área selecionada do Rio Paraíba do Sul estão em constantes modificações devido às épocas de chuva e em alguns pontos específicos apresentam uma aproximação urbana e industrial considerável, o que ocasiona, na maioria das vezes, o uso e ocupação do solo de modo indevido nos arredores e dentro das APPs.

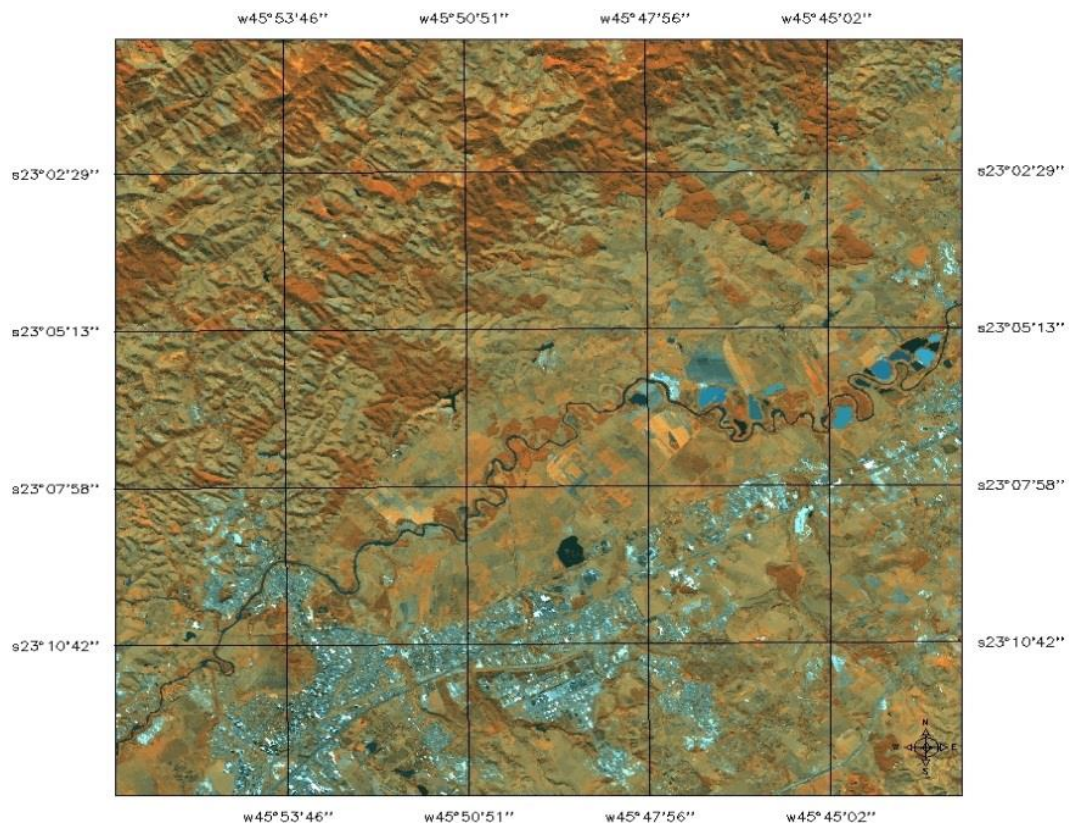


Figura2. Cena RapidEye 2328411, 03 de julho de 2012.

FONTE: MMA, 2016.

## **2 - REFERENCIAL TEÓRICO**

O levantamento bibliográfico realizado está relacionado ao conhecimento da área de estudo, do código florestal brasileiro, especificamente no que se refere às APPs, conceitos e aplicações de geoprocessamento e processamento de imagens.

### **2.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o rio Paraíba do Sul resulta da confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga, que nascem no estado de São Paulo, a 1.800 metros de altitude. O curso d'água percorre 1.150km, passando por Minas, até desaguar no Oceano Atlântico em São João da Barra (RJ). Os principais usos da água na bacia são: abastecimento, diluição de esgotos, irrigação e geração de energia hidrelétrica, sendo que o Paraíba do Sul é o principal manancial de abastecimento do estado do Rio de Janeiro. No leito do rio Paraíba do Sul estão localizados importantes reservatórios de usinas hidrelétricas, como Paraibuna, Santa Branca e Funil. Além disso, a bacia possui uma área de aproximadamente 62.074km<sup>2</sup> e abrange 184 municípios, sendo 88 em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo. Dos 52 municípios que são banhados pelo rio Paraíba do Sul, ou por seus reservatórios formadores (Paraibuna e Paraitinga), 28 captam água do Paraíba do sul para abastecimento.

Ainda segundo a ANA, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem destacada importância no cenário nacional por estar localizada entre os maiores polos industriais e populacionais do País e pelo processo que envolve o gerenciamento de seus recursos hídricos. Caracteriza-se pelos acentuados conflitos de usos múltiplos e pelo peculiar desvio das águas para a bacia hidrográfica do rio Guandu com a finalidade de geração de energia e abastecimento de cerca de nove milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), formando o Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul, um intrincado e complexo conjunto de estruturas hidráulicas existentes nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul e Guandu, que interliga as duas bacias.



O abastecimento hídrico da cidade de São José dos Campos é dividido entre captação direta do Rio Paraíba, Rio das Couves e captação por sistemas de poços, mas cerca de 83% da captação total da cidade provem do leito do Rio Paraíba do Sul que será ampliada para atender melhor as necessidades da população, que está em constante crescimento. Para isso será capitado além dos 1800 L/s, mais 260L/s que resultaram na captação total de 2060L/s.(ANA, 2015) Na figura 3 é possível visualizar como funciona a captação da cidade de São José dos Campos:

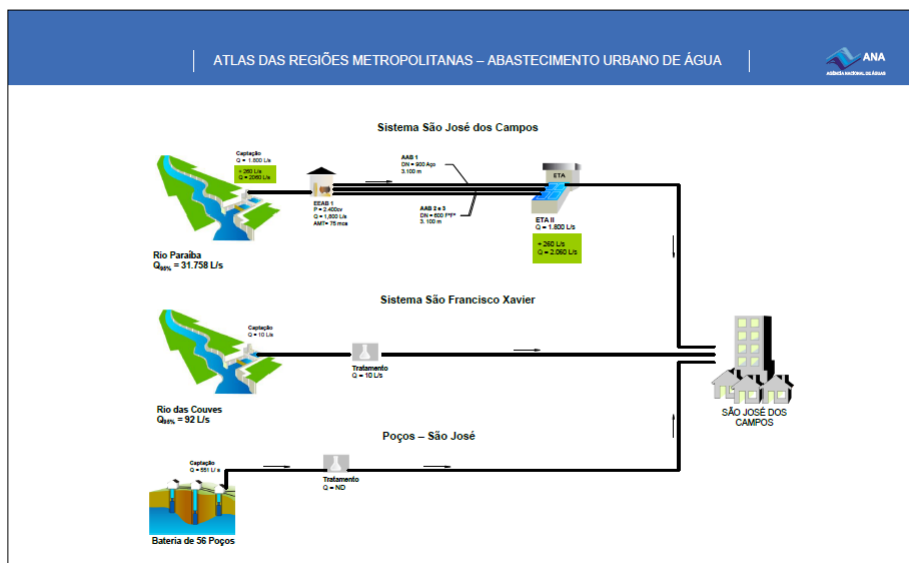


Figura 3. Esquema da captação do município de São José dos Campos.  
Fonte: ANA, 2015.

## 2.2- Áreas de Proteção Permanente

De acordo com o código florestal brasileiro (BRASIL, 2012), no Artigo três, Parágrafo II - Área de Preservação Permanente - APP é definida como: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

Esta Lei determina que todo curso d'água possui espaços situados nas suas extremidades que devem ser preservados, podendo variar sua largura de acordo com o tamanho do curso rio. Nestes locais, a vegetação nativa deve ser totalmente preservada pelo proprietário da área, sendo ele pessoa física ou jurídica.

Para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente consideram-se, em áreas urbanas ou rurais, os seguintes parâmetros:

As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular.

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Ainda de acordo com o código florestal dentro da APP só poderão ocorrer modificações em sua vegetação nativa se houver interesse na utilidade pública, social e se for comprovado o baixo risco de impacto ambiental conforme a lei.

### **2.3 Sistemas de informação Geográfica**

O Sistema de Informações Geográficas, SIG, é uma ferramenta que processa dados geográficos ou não geográficos, que possui geralmente um banco de dados, a partir do qual podemos realizar análises espaciais e modelagens de superfícies. Algumas outras definições podem ser:

“Conjunto de procedimentos, manual ou automatizado, utilizados no sentido do armazenamento, e manipulação de informação georreferenciada.” (ARONOFF, 1989).

“Conjunto de funções automatizadas, que fornecem aos profissionais, capacidades avançadas de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informação georreferenciada.” (OZEMOY, SMITH E SICHERMAN, 1981).

Na figura 4, podemos observar a estrutura de um SIG:



Figura 4. Modelo de estrutura de um Sistema de Informações Geográficas.  
Fonte: Adaptado de PINTO, 2009.

#### **2.4- Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING**

O SPRING (Camara et al.,1996) é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Trata-se de um projeto do INPE / DPI (Divisão de Processamento de Imagens) com a participação de várias instituições como EMBRAPA/CNPTIA, IBM Brasil, TECGRAF- PUC Rio, PETROBRÁS/CENPES. Este Software tem como principais objetivos, construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional. Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado. Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais. Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

## **2.5 TerraHidro**

TerraHidro (Rosim, 2008) é uma plataforma que utiliza várias tecnologias e foi desenvolvida sobre a biblioteca TerraLib que faz uso de bancos de dados espaciais e utiliza o TerraView. Sua funcionalidade é a execução de aplicações envolvendo modelagem hidrológica distribuída desenvolvida pela DPI/INPE.

Desempenha várias funções, como: determinação da direção de drenagem local, definição de rede de drenagem, delimitação de bacias hidrográficas por segmentos e pontos isolados, Upscaling - Drenagem Conversão de alta a baixa resolução, entre outras. (OLIVEIRA, J. R. F., 2016).

## **2.6 – Transformações RGB e IHS**

O espaço de cores conhecido por IHS ou HSI (Hue, Saturation, Intensity) é uma forma alternativa ao espaço RGB (sigla em inglês para Red, Green and Blue) de representações de cores. No espaço IHS as cores são definidas por três atributos, ao invés de três quantidades de cores primárias. Esses atributos são: Intensidade (Intensity- I), Matiz (Hue- H) e Saturação (Saturation- S). Através destes atributos pode se manipular e analisar individualmente cada imagem, ao contrário da composição RGB, que necessitaria uma combinação de cores para ser analisada (A R Smith). A figura 5 exemplifica a transformação da composição RGB para IHS:

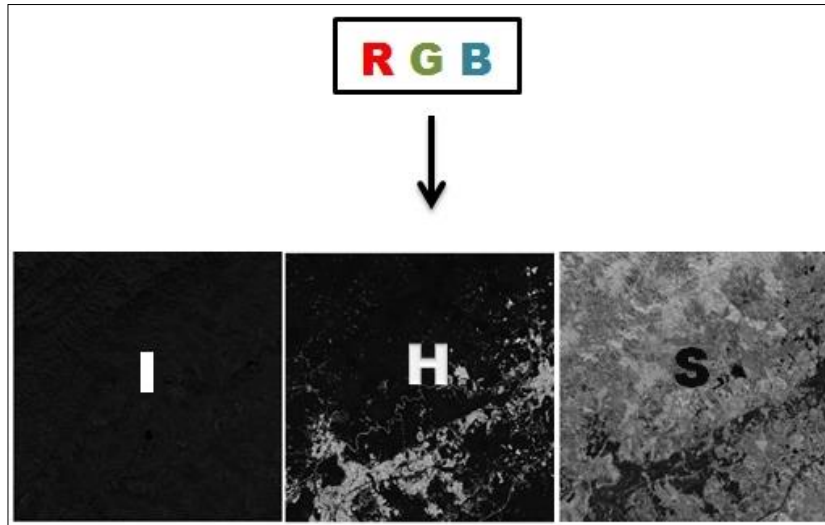


Figura 5. Transformação RGB para IHS.

A cor de um objeto pode ser representada por diferentes intensidades dos componentes R (Red - vermelho) G (Green-verde) e B(Blue- azul) ou por nível de intensidade, matiz (cor) e saturação no IHS. A intensidade é o que causa a sensação de brilho nas imagens, sendo resultado da soma da medida total de todos os comprimentos de onda. A saturação está no intervalo do comprimento de onda, em torno do comprimento de onda médio, onde a energia é refletida ou transmitida. E quando se tem um alto valor de saturação o resultado é uma composição espectral pura, ao contrário da baixa que resulta em uma composição em tons pastéis. Matiz ou cor é medida através do comprimento de onda média da luz que reflete e emite, resultando na cor do alvo. Na figura 6, pode-se observar a relação do espaço IHS e RGB (CROSTA, 1992):

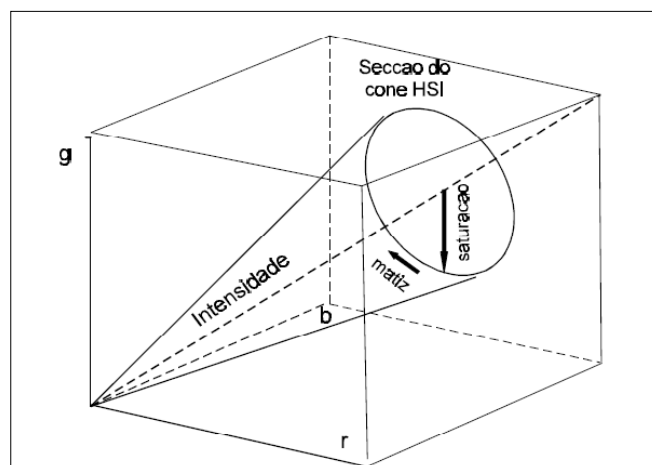


Figura 6. Espaço IHS.  
Fonte: CROSTA, 1992

Namikawa et al. (2016) desenvolveu uma metodologia automatizada para extração de corpos d'água utilizando imagens com base no componente matiz da transformação de cores RGB para o modelo IHS. A metodologia inclui os valores de mínima radiância das 5 bandas do RapidEye para classificar os corpos d'água em um ranqueamento de sete classes de pertencimento ao alvo de interesse (Água). Os resultados da classificação da imagem aparecem no formato imagem e, até esta etapa, a técnica não necessita intervenção do usuário. No entanto, após a geração dos dados no formato vetorial, é necessária uma etapa de correção manual para eliminar pontos isolados.

### 3- DESENVOLVIMENTO

De acordo com o cronograma desta pesquisa, o início do trabalho, em 2016, constituiu na aprendizagem teórica por meio de estudos dirigidos do programa SPRING (Câmara et al., 1996) para que fosse possível a manipulação correta dos dados. Também foi feito o levantamento bibliográfico sobre Áreas de Proteção Permanente e o atual Código Florestal Brasileiro, além disto, foram realizados mais dois cursos dentro da DPI, Processamento Digital de Imagens e o segundo Fundamentos de Geoprocessamento, cada um com duração de 40 horas. Na segunda etapa do trabalho foi criado um Banco de Dados dentro do SIG Spring, onde foram inseridas informações da Região do Rio Paraíba do Sul, iniciando o processo de geração da Lâmina de água (nível de profundidade e de superfície) a partir de imagens do RapidEye.

A tabela 1 mostra, de forma resumida, os passos seguidos para realização do trabalho.

1-Importar as bandas multiespectrais da imagem RapidEye das coberturas disponíveis da área piloto.	2-Aplicar transformação do espaço de cores RGB para IHS em todas as combinações 3 a 3 das 5 bandas (123, 124, 125, 134, 135, 234, 235, 245, 345)através da linguagem algébrica do Spring - LEGAL.	3- Definir a combinação na qual o número de cores de "não lâmina de água" é o menor através da análise do histograma da componente Matiz (H).
--	---	---

4- Aplicar transformação RGB para IHS das possíveis composições entre as 3 bandas da combinação selecionada através do LEGAL	5-Definir a composição na qual as cores de "não lâmina de água" estão nos extremos mínimo e máximo do histograma da componente Matiz (H).	6- Determinar os limiares de ângulos (da matiz H) e intensidade (da componente I) que caracterizam a lâmina de água através da ferramenta de Contraste /Fatiamento/Arco-Íris
7- Aplicar os limiares definidos para definir os pixels de lâmina de água através do LEGAL	8-Vetorizar o mapa matricial de lâmina de água.	9-Eliminar polígonos (que representam ruídos) menores que 1000 m2 através da ferramenta "Limpar Vetores".
10- Editar manualmente, para eliminar ruídos maiores, lagoas e represas.	11- Editar manualmente corrigir contornos da drenagem	12-Definir e ajustar manualmente os polígonos das vegetações flutuantes para não interferir no resultado final.
13- Determinar APP através do software ExAPP.	14- Analisar a diferença de área dentro da APP (com e sem edição das macrófitas), quantificar.	15-Fazer um fatiamento com a distância a ser considerada para a análise das APPs e seu entorno
16- Recortar área da APP + entorno para análise utilizando fatiamento como máscara.	17- Segmentação para teste. Usar as três bandas e testar a segmentação para estabelecer qual será a melhor para o trabalho.	18- Classificação da área recortada para futura análise.
19- Escolha das Propriedades para análise de uso e ocupação do solo.	20- Baixar as propriedades do CAR-Cadastro ambiental Rural	21- Analisar cada propriedade e definir o uso e ocupação do solo naquelas áreas.
22- Fazer uma análise utilizando sobreposição de classificações dos anos 2012 (RapdEye) e 2011/10 (Ortofotos)	23- Utilizar o coeficiente Kappa de concordância para validar a comparação entre as classificações	24- Escrever artigo com os resultados obtidos
24- Aplicar a metodologia para outra região do país.	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #c6e0b4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Concluído <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #a6c9ec; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Em fase de correção para submissão <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f4a460; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Próxima fase	

### 3.1 Processos de extração do leito do rio

Na figura 7 é possível observar a parte do processo que ocorreu através da Linguagem de Geoprocessamento Algébrico (LEGAL)/Spring, que possibilitou um ambiente para análise espacial, descrita sob a forma de expressões algébricas e funções.

```

LEGAL
Programa LEGAL  Editor  Executar

AGUAS_LEGAL.alg

1 // Converte RGB para IHS
2 // Adapted from Foley, VanDam 2nd.Ed. (p.592)
3 // given r,g,b on [0 ... 1],
4 // return (s,l) on [0 ... 1] h [0...360, -1= UNDEFINED]
5
6 Imagem m1, m2, m3, m4, m5 ("RE");
7 MNT m1, m2, m3, m4, m5 ("CAT_MNT");
8
9 MNT hue ("CAT_MNT");
10 MNT maxv ("CAT_MNT");
11
12 MNT red, green, blue ("CAT_MNT");
13 MNT iszero, minv1 ("CAT_MNT");
14 MNT div1 ("CAT_MNT");
15 MNT hue6 ("CAT_MNT");
16 MNT sat ("CAT_MNT");
17
18 hue = Novo( Nome = "H_235", ResX = 5, ResY = 5, Escala = 10000 );
19 maxv = Novo( Nome = "V_235", ResX = 5, ResY = 5, Escala = 10000 );
20
21 red = New(Name="TMP_HSV_R", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
22 green = New(Name="TMP_HSV_G", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
23 blue = New(Name="TMP_HSV_B", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
24
25 minv1 = New(Name="TMP_MIN", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
26 div1 = New(Name="TMP_DIV", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
27 sat = New(Name="TMP_SAT", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
28 hue6 = New(Name="TMP_H6", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);

Erros de Sintaxe do Programa
Representação não pode ser removida: m1:49::
Representação não pode ser removida: m2:50::
Representação não pode ser removida: m3:51::
Representação não pode ser removida: m4:52::

```

Figura 7. Programa LEGAL, ferramenta utilizada para importar os dados das lâminas de água.

Na figura 8 pode-se observar a manipulação do histograma onde a lâmina de água possui reflectância diferente daquela dos outros objetos da imagem; existem dois picos, um corresponde à lamina d'água com alguns ruídos e o outro pico é o restante da imagem, tornando possível melhor separabilidade dos alvos.

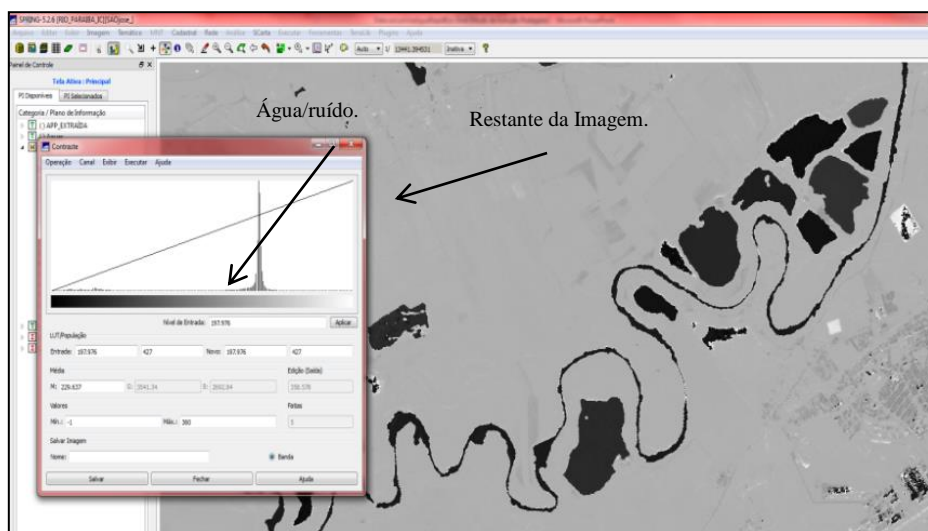


Figura 8. Imagem após a transformação IHS e seu respectivo histograma.

Após este processo foram criadas classes temáticas dentro da categoria “Águas” (1WATER, 2WATER95, 3WATER90, 4WATER80, 5WATER70, 6WATER60, 7WATER50), onde cada uma das classes é representada com cor correspondente a sua porcentagem de refletância do nível de água. Sendo assim, os tons vermelhos indicam maior quantidade de água e os tons mais amarelados e azulados correspondem a regiões



de pouca umidade. A Figura 9 mostra o resultado do processo obtido nesta etapa do trabalho.

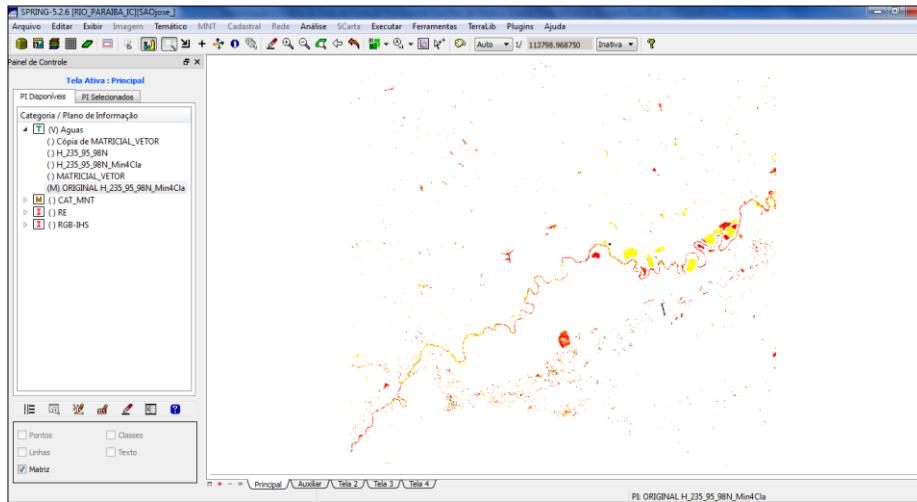


Figura 9. Início da edição matricial

Após a criação das classes foi possível fazer a edição matricial para eliminar os pixels caracterizados como ruído e destacar somente o rio, suas planícies de alagamento e algumas regiões de extração de areia. A figura 10 ilustra este o resultado.

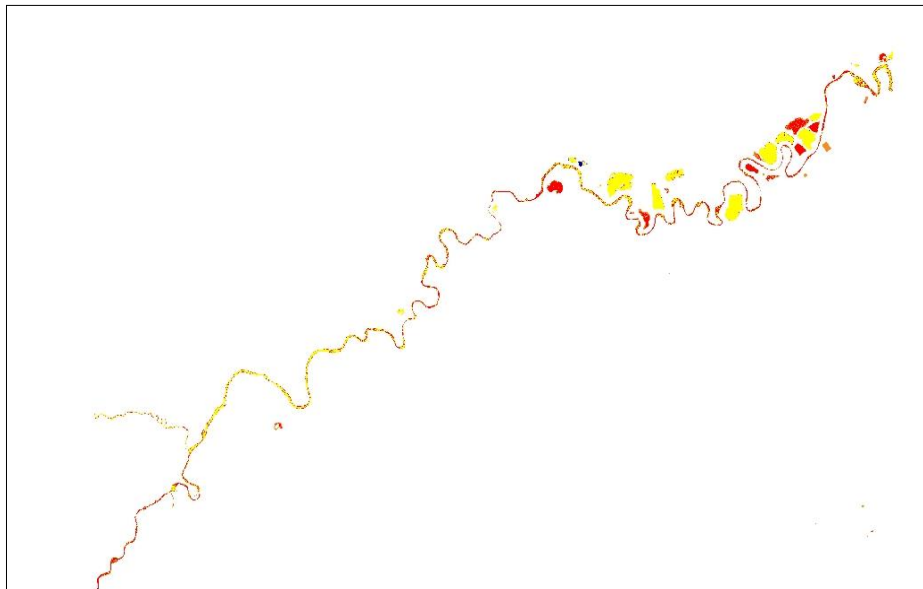


Figura 10. Imagem após serem editados e eliminados os pixels que não seriam utilizados no trabalho.

Com a edição vetorial foi realizada a correção dos polígonos e unificação das linhas que estavam desconectadas entre si, já que foi diagnosticado que o polígono do rio apresentava áreas onde o acúmulo de sedimentos e macrófitas interferiam na

reflectância da lâmina de água. Por este motivo, em alguns trechos, houve o rompimento do polígono e a necessidade de edição manual. As macrófitas, em regra, diminuem o leito do rio, mas não o interrompem completamente.

A figura 11 demonstra uma parte ampliada da região de estudo, onde é possível observar as linhas ajustadas na cor verde, que formam os polígonos editados.

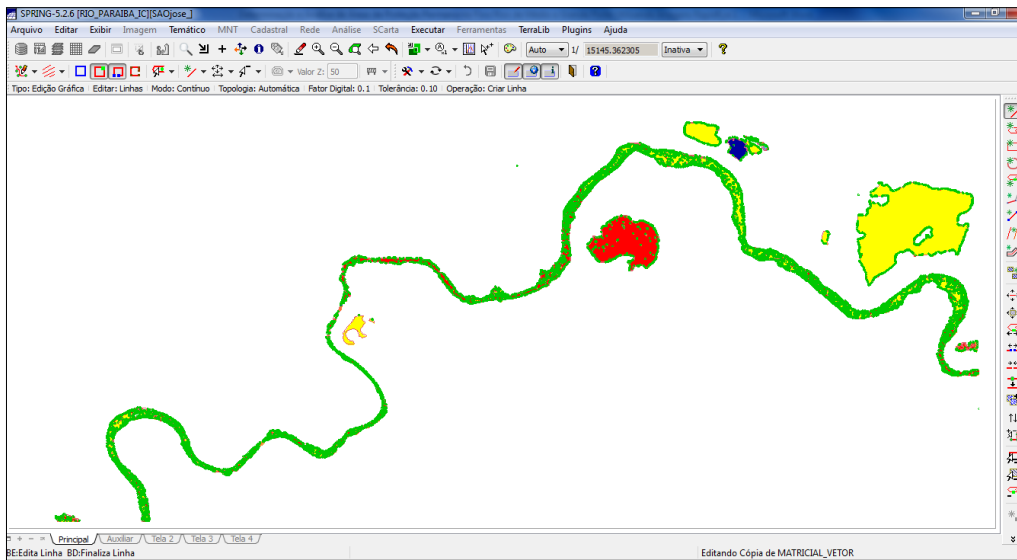


Figura 11. Edição Vetorial.

Na terceira etapa do trabalho, em 2017, foi concluída a edição do leito do rio e iniciado o processo de classificação da lâmina de água com e sem macrófitas. O primeiro resultado da classificação da imagem é representado a seguir nas figuras 12 e 13. Pode-se observar que foi realizado o ajuste no leito do rio, porém, ainda sem a representação das APPs:

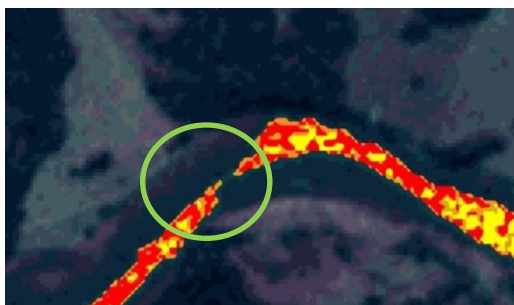


Figura 12. Corpo do rio rompido.

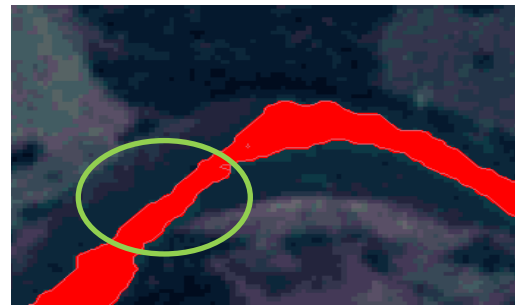


Figura 13. Corpo do rio corrigido

O segundo resultado foi obtido após a identificação das macrófitas no corpo do rio; foi realizado visualmente sobre a imagem RapidEye e as macrófitas foram incorporadas ao leito do rio manualmente, pois tinham sido classificadas como vegetação. Segundo GALO et al. (2002), diferente do solo e da vegetação, a maior parte do fluxo radiante incidente sobre a água não é refletida, mas absorvida ou transmitida. Nos comprimentos de onda do visível, pouca luz é absorvida, uma pequena quantidade é refletida e a maior parte é transmitida. Sendo assim, quando existe uma concentração de vegetação flutuante sobre o leito de um rio, é necessário um maior cuidado quanto à delimitação da drenagem automática, já que a reflectância será diferente do restante do corpo do rio. Na figura 14 é possível visualizar as macrófitas em vermelho.



Figura 14. Macrófitas destacadas em vermelho.

Com a identificação das macrófitas foi possível quantificar sua interferência no resultado final da determinação da APP. Neste caso, a área desta vegetação flutuante correspondeu à aproximadamente 31.4% da área total do leito do rio, considerando que, anteriormente, a lâmina de água possuía cerca de 3.070 km<sup>2</sup> e após a correção manual passou a 4.480 km<sup>2</sup>. Este resultado interfere diretamente na determinação da APP, pois ela é calculada a partir da calha do rio. A figura 15 evidencia, em amarelo, o corpo do rio sem edição manual das macrófitas e, em vermelho, o rio com edição.

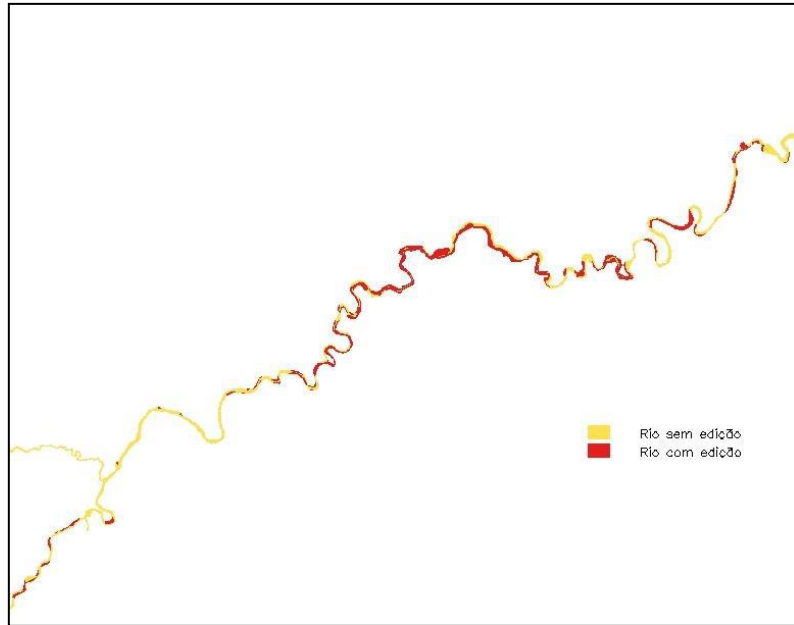


Figura 15. Sobreposição da área corrigida e da área não corrigida.

A fim de demonstrar a edição das macrófitas, a figura 16 mostra a cena RapidEye ampliada em uma das áreas editadas, onde a área em amarelo é o leito do rio sem edição e a área destacada em vermelho foi resultado da correção manual das macrófitas.

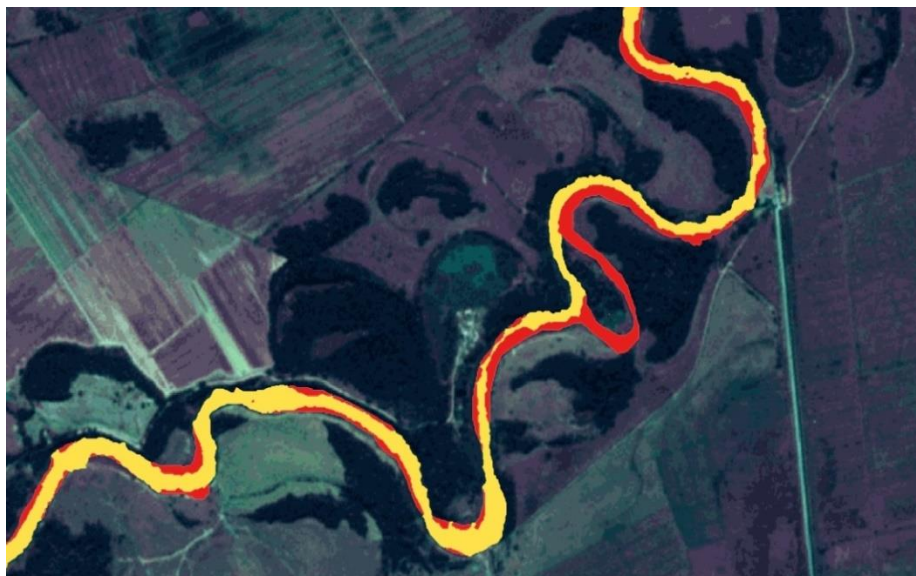


Figura 16. Sobreposição com a cena RapidEye ampliada.

### 3.2 Determinação da APP

Com a delimitação adequada do leito rio, as APPs, que dependem da largura do leito rio conforme a lei nº 12.651/12, Art. 4 Parágrafo I do código florestal brasileiro vigente, foram determinadas.

Segundo a Lei, as APPs são áreas que devem ser preservadas de desmatamento e poluição, variando de tamanho conforme a medida da largura entre as margens do rio. Assim, em rios com extensão de 10 metros deve-se proteger no mínimo 30 metros ao redor da margem; já em cursos d'água de 200 a 600 metros de largura a APP deve ser de 200 metros e em casos de rios ainda maiores elas podem alcançar até 500 metros de largura. As APPs foram extraídas automaticamente por meio do software dedicado EXAPP, considerando a Lei para as diferentes larguras do rio (Leonardi et al). Este procedimento foi efetuado para o rio com macrófitas e sem macrófitas e está representado na figura 17.

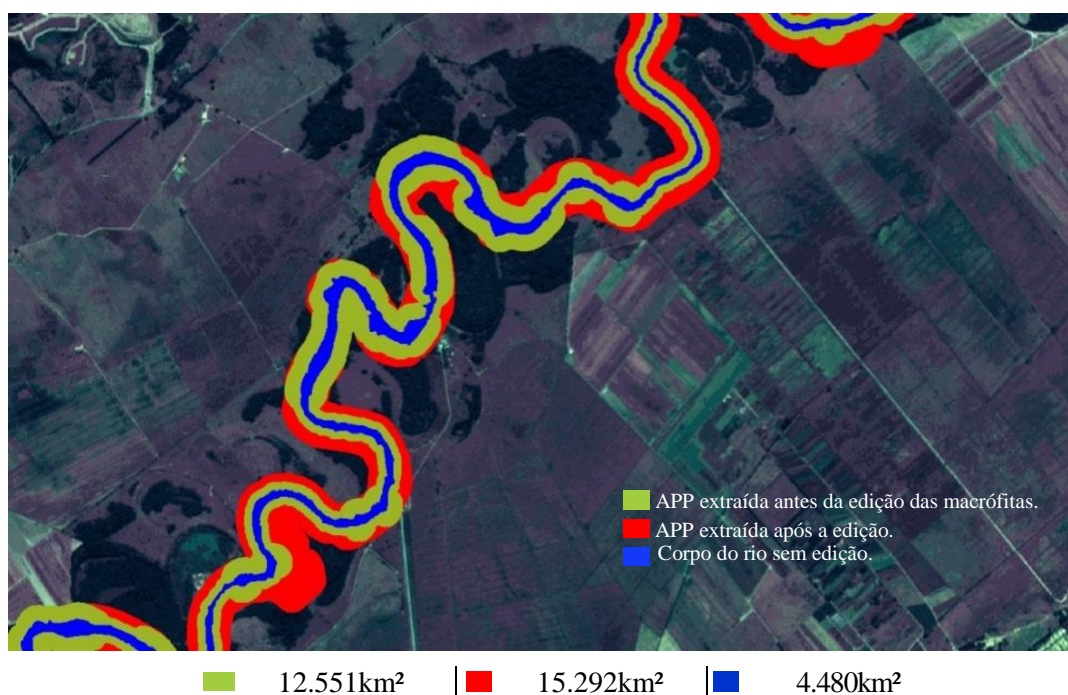


Figura 17. Resultado da determinação da APP com macrófitas e sem macrófitas.

A figura 18 é uma área da cena RapidEye ampliada com o polígono do rio e APP já determinados, onde é possível observar a área urbana no entorno do rio.

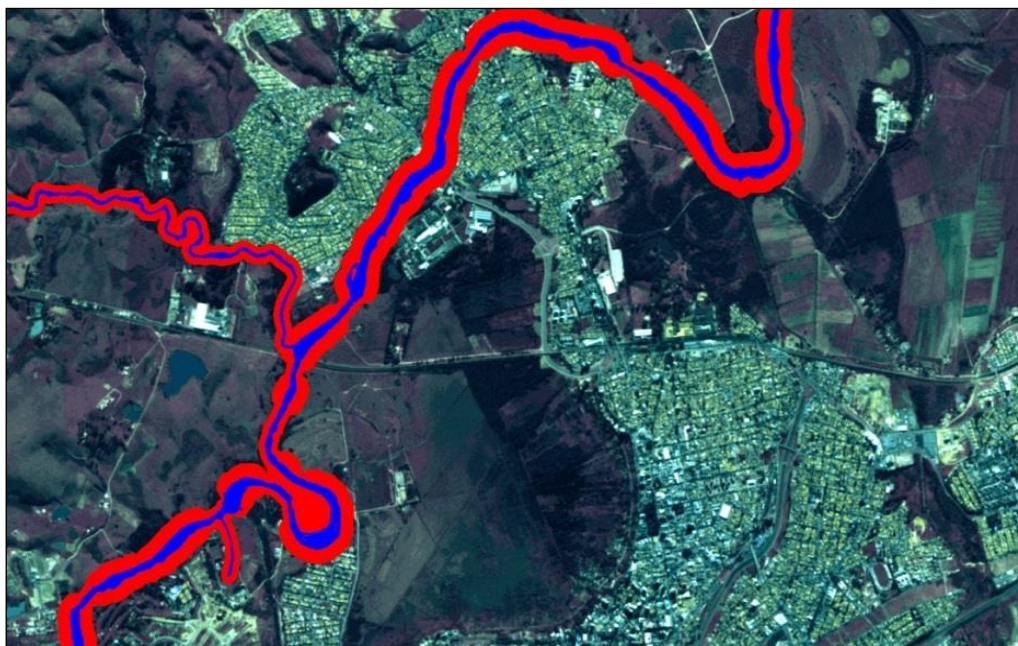


Figura 18. Imagem RapidEye com sobreposição do resultado da APP.

### 3.3 Classificações do uso e ocupação do solo

O passo seguinte foi à classificação semiautomática do uso e ocupação do solo no interior da APP. O classificador adotado para esta fase do trabalho foi o Bhattacharya, que faz uso de imagens segmentadas e para melhor adequação dos propósitos da classificação. Segundo Machado S.C (2016), “A classificação supervisionada é desenvolvida com base em amostras de treinamento, ou seja, os pixels da imagem são classificados segundo regras. Em seguida esses pixels são comparados aos padrões de classes previamente obtidos em uma fase em que o operador as define. Nesse processo um analista identifica na imagem as classes de informação de seu interesse e separa regiões que melhor representem estas classes. testes de valores de área e similaridade na segmentação foram efetuados.” Para isso foi realizado um fatiamento de 5km em relação as margens do rio Paraitinga, abrangendo uma área um pouco maior que a APP (figura 19).

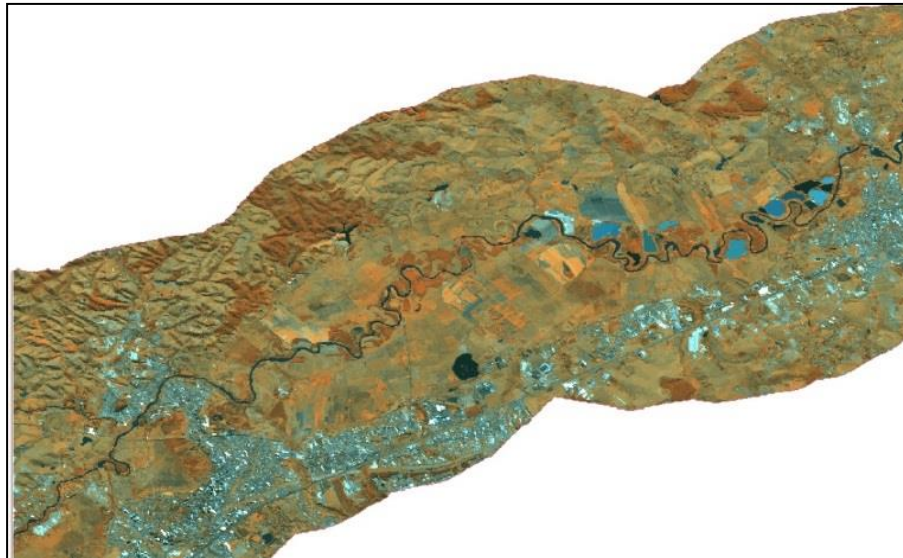


Figura 19. Fatiamento para delimitação da área a ser classificada com uso do solo.

Após o fatiamento foi realizado o primeiro teste de segmentação com os graus de similaridade 60 e de área também 60. Segundo Florenzano (2011) “A segmentação de imagens é um procedimento computacional aplicado antes de um algoritmo de classificação automática.” Abaixo, na figura 20, pode-se observar o resultado deste primeiro processo.

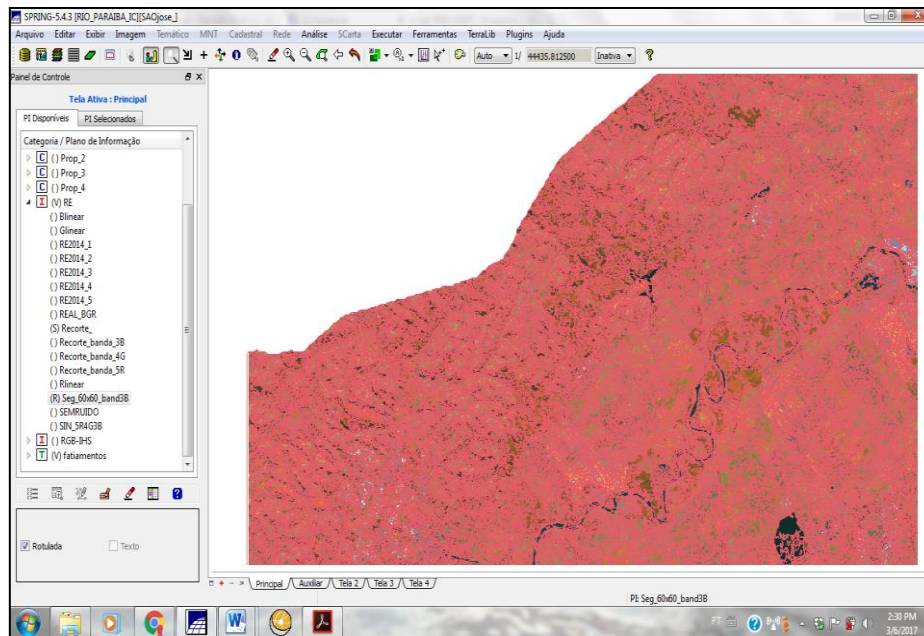


Figura 20. Primeiro teste de segmentação.

É possível observar que este primeiro resultado gerou muitos polígonos, dificultando a identificação de uso do solo mais abrangente. Sendo assim, foram necessários mais testes, até obter a um resultado favorável

com áreas mais homogêneas, conforme mostra a figura 21. Os graus de similaridade e área de pixel são respectivamente, 350 e 300.

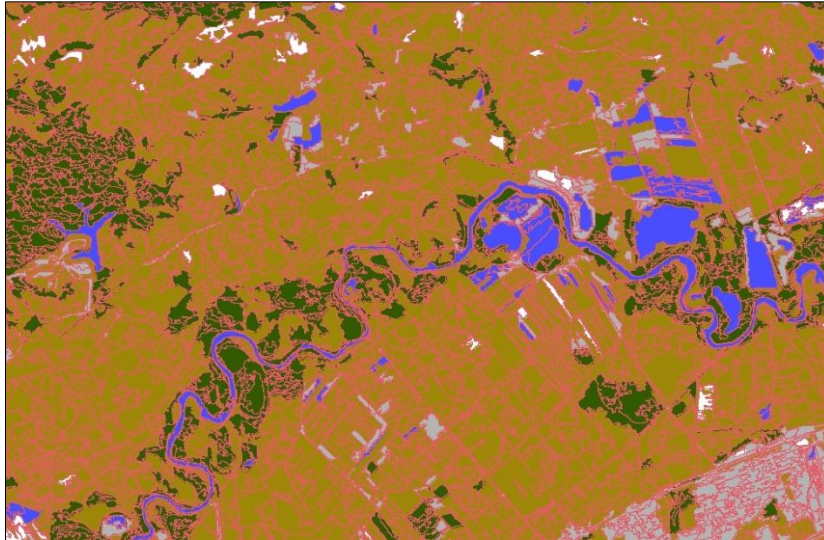


Figura 21. Segmentação com limiar 350 de similaridade e 300 de área.

Após a segmentação foi iniciado o processo de classificação automática supervisionada por regiões, que utiliza a distância Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. A separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Leão et al., 2007). Na figura 22 é possível observar o resultado da classificação por regiões, onde as cores representam as classes: Área urbana = cinza, Mata = verde escuro, Agua = Azul e Cultura = verde musgo.

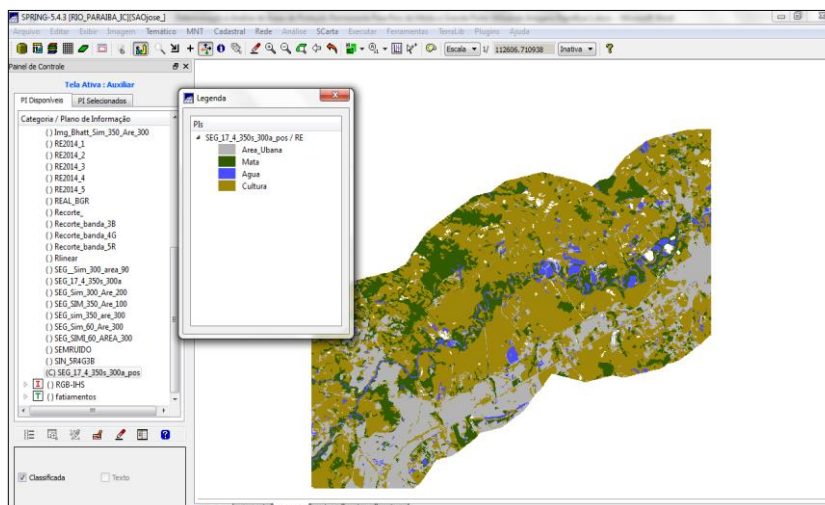


Figura 22. Resultado da classificação Bhattacharya.



Após a classificação foi realizado o processo de pós classificação, onde foram escolhidos o peso 3 e a limiar 4, que suavizam as regiões classificadas. Este processo pode ser observado na figura 23.

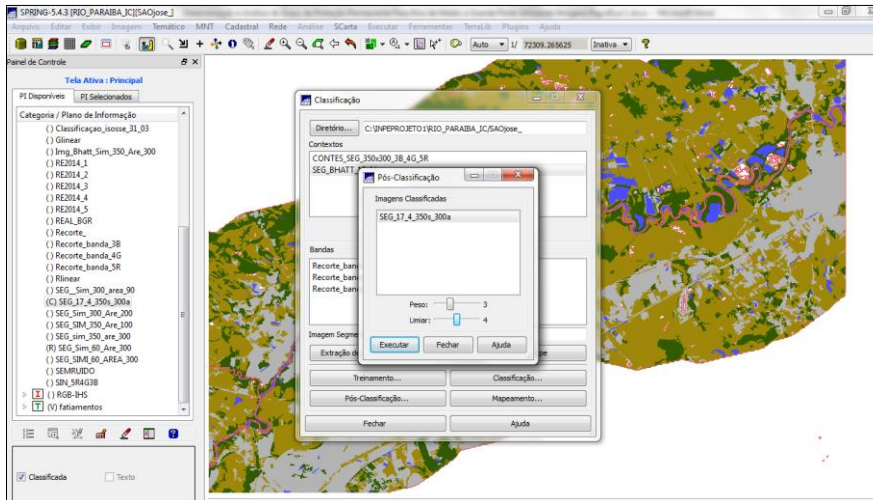


Figura 23. Pós classificação, definição do peso e limiar.

Depois da pós-classificação foi realizado um mapeamento que pode ser observado na figura 24, onde a cor verde representa a classe Mata, a amarela pode ser entendida como cultura ou de vegetação menos densa, a azul compreende os corpos d'Água e áreas com alta umidade devido à irrigação, e cinza corresponde á área urbana ou antrópica.

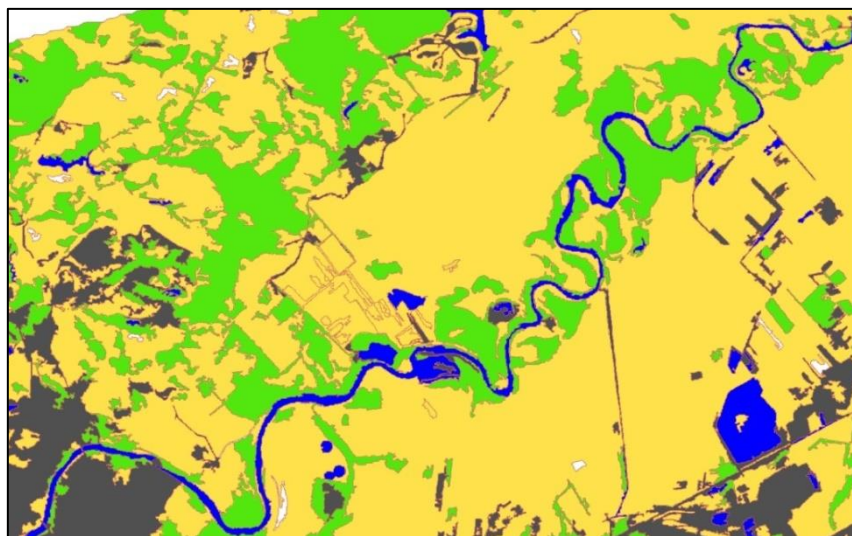


Figura 24. Resultado do mapeamento.

### 3.4 Análise dos primeiros resultados

Com o mapeamento pronto, foi possível selecionar uma propriedade cadastrada no CAR para analisar se o uso e ocupação do solo no interior da APP estava de acordo com as regras estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro. Na figura 25 é possível observar o mapa do uso do solo dentro da propriedade escolhida para o estudo:

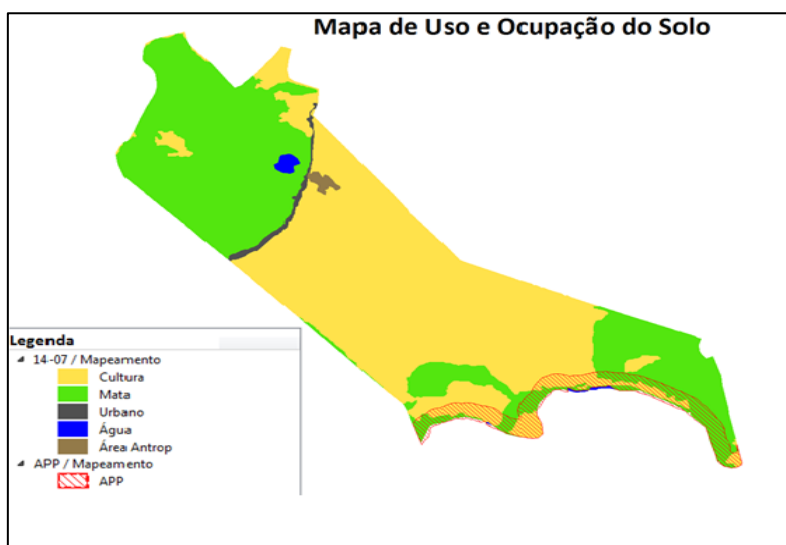


Figura 25. Mapa de uso do solo dentro da propriedade escolhida.

Com a APP determinada e a classificação do uso do solo concluída foi possível conferir os dados declarados no CAR e avaliar se estavam de acordo com o Código Florestal. Para isso foi realizada uma sobreposição da área da APP declarada com a APP resultado dessa metodologia. Na figura 26 pode-se observar o resultado da sobreposição com os valores referentes à área de cada uma.

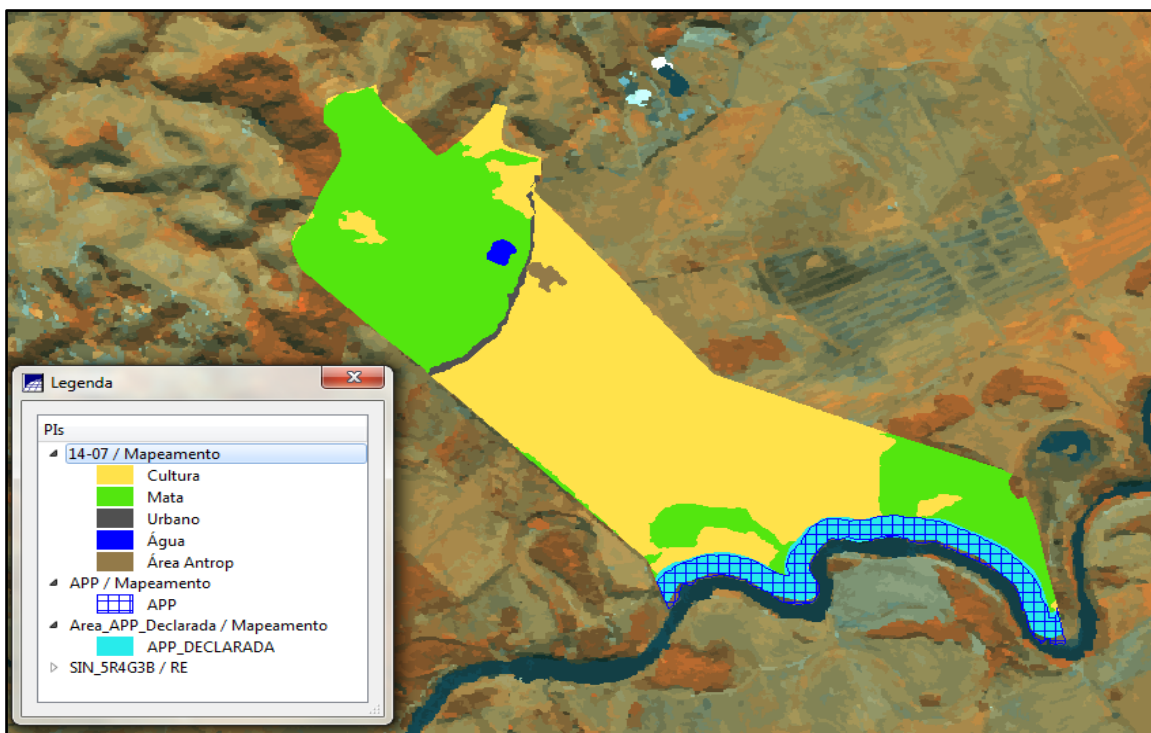


Figura 26. Sobreposição da Imagem RapiDye + uso do solo + APP resultante do dessa metodologia + APP declarada.

 APP = 24.50 ha    
  APP Declarada = 23.63

A partir da sobreposição das APPs foi possível observar que a diferença de área entre elas apresentou uma diferença de 0,87 ha, o que corresponde à aproximadamente 4%. Essa diferença não foi considerada significativa.

Com essa análise foi possível constatar que existe uso do solo dentro da APP. Na figura 27 pode-se observar o polígono da APP com o uso do solo, onde a classe de Cultura, destacada em amarelo, aparece ocupando 9,68 ha e a classe Mata, em verde, ocupa 12,40 ha. Isso significa que 43,84% da APP está sendo utilizada para cultura, o que coloca em risco o equilíbrio geológico do local, nesta data avaliada.



Figura 27. Recorte da APP + uso do solo.

#### 4-Segunda Fase

Para iniciar a segunda fase foram escolhidas as cenas LandSat, do ano de 1993 e 2005 disponibilizadas pelo INPE, para uma avaliação temporal na área. Além disso, também foram selecionadas ortofotos com resolução espectral de 1 metro dos anos de 2010 e 2011, disponibilizadas pela EMPLASA. Após a obtenção das imagens, foi dado início ao processo de registro manual, já que as imagens possuem resoluções espectrais diferentes e poderiam apresentar distorção dos resultados das classificações. Segundo SILVA (2001), o registro manual se baseia na identificação de pontos de controle no terreno. O registro de uma imagem, de acordo com publicação INPE (2004), compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de uma imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. Como dito anteriormente, a primeira classificação utilizada nesse trabalho foi a Bhattacharya, supervisionada por regiões, realizada em três cenas da região estudada, sendo os anos de 1993 e 2005 do satélite LandSat e do ano de 2012 da constelação de satélites RapidEye.

Após concluído o processo de classificação supervisionada, foi realizada a classificação manual nas ortofotos de 2010/2011 (data mais próxima das imagens RapidEye de 2012) com resolução espectral de um metro que serviram como base para calcular o coeficiente Kappa de concordância nas classificações de 2012. Em cada classificação realizada foram criadas cinco classes diferentes para especificar o uso do solo, podemos observar na tabela 2 as classes e suas respectivas especificações.

Mata	Mata nativa, árvores, vegetação densa, mata ciliar etc.
Água	Rio Paraíba do Sul, lagos, riachos etc.
Área Antrópica	Área ocupada e modificada pelo homem, construção rural, pasto etc.
Cultura	Área cultivada, pasto etc.
Área Urbana	Área urbanizada, ocupada e modificada pelo homem, agrupamento de construções etc.

Tabela 2. Classes utilizadas no trabalho.

#### 4.1 Propriedades analisadas

Para a análise temporal visual das classificações do uso e ocupação do solo dentro das áreas de proteção permanente do rio Paraíba do Sul, foram escolhidas quatro propriedades declaradas no CAR. Todas as propriedades possuem APPs e serviram de base para a análise das classificações.

Nas figuras 28, 29, 30 e 31 é possível observar os resultados das classificações supervisionadas por regiões Bhattacharya realizadas nas imagens LandSat, para cada propriedade considerada.


<b>Imagem do polígono da propriedade</b>	<b>Área do imóvel: 315,77 ha</b>	<b>Módulos fiscais: 25,95</b>
	<b>Município / UF: São José dos Campos (SP)</b>	<b>Coordenadas: Lat: 23°08'09,03" S Long: 45°52'04,33" O</b>

Figura 28. Propriedade 1


<b>Imagem do polígono da propriedade</b>	<b>Área do imóvel: 497,80 há</b>	<b>Módulos fiscais: 41,39</b>
	<b>Município / UF: São José dos Campos (SP)</b>	<b>Coordenadas: Lat: 23°09'06,85" S Long: 45°50'59,5" O</b>

Figura 29- Propriedade 2.


<b>Imagem do polígono da propriedade</b>	Área do imóvel: <b>638,38 ha</b>	Módulos fiscais: <b>53,14</b>
	Município / UF: <b>São José dos Campos (SP)</b>	Coordenadas <b>Lat: 23°07'01,66" S</b> <b>Long: 45°47'26,84" O</b>

Figura 30- Propriedade 3.

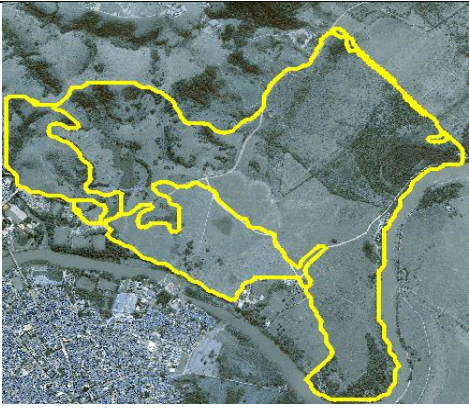
<b>Imagem do polígono da propriedade</b>	Área do imóvel: <b>292,71 há</b>	Módulos fiscais: <b>24,39</b>
	Município / UF: <b>São José dos Campos (SP)</b>	Coordenadas: <b>Lat: 23°08'59,87" S</b> <b>Long: 45°53'06,89" O</b>

Figura 31- Propriedade 4.

#### 4.2 Sobreposição das classificações com a APP

Após escolhidas às propriedades e terminada a classificação foi dado início ao processo de análise das classificações do uso do solo dentro das propriedades e em suas APPs. Em seguida são apresentadas as classificações sobrepostas com a APP e a classificação manual da Ortofoto que foi utilizada para a análise Kappa.

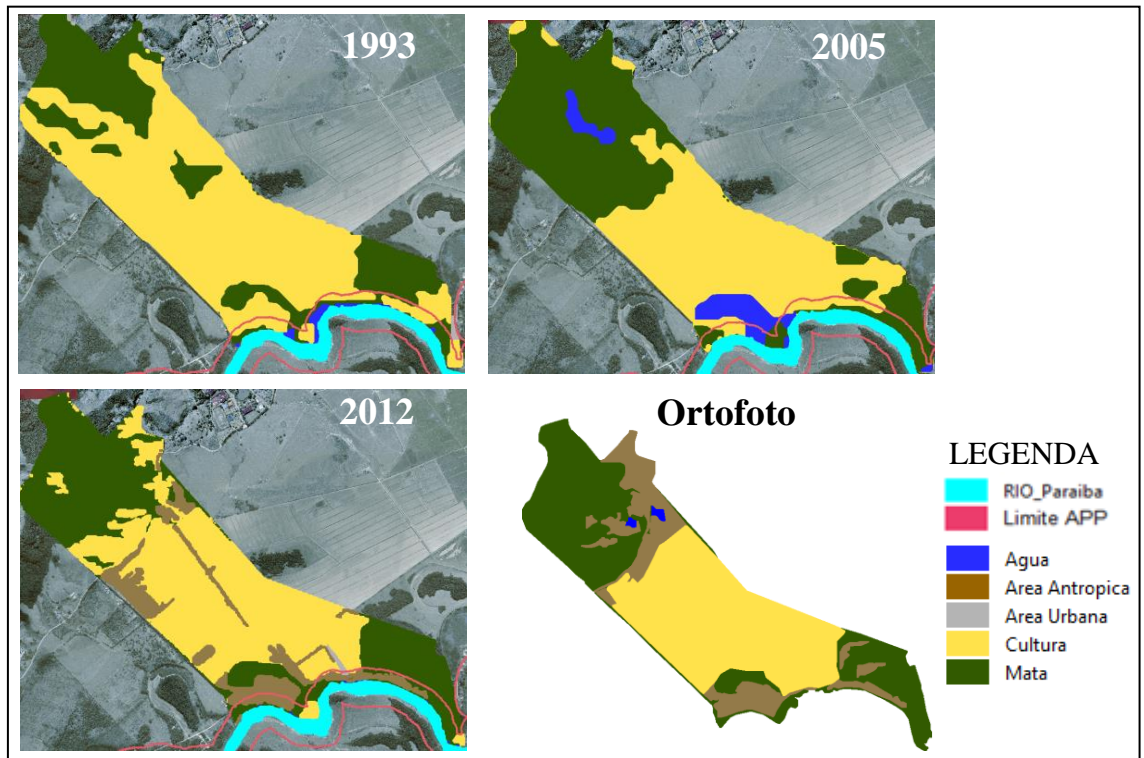


Figura 32. Classificações da Propriedade 1.

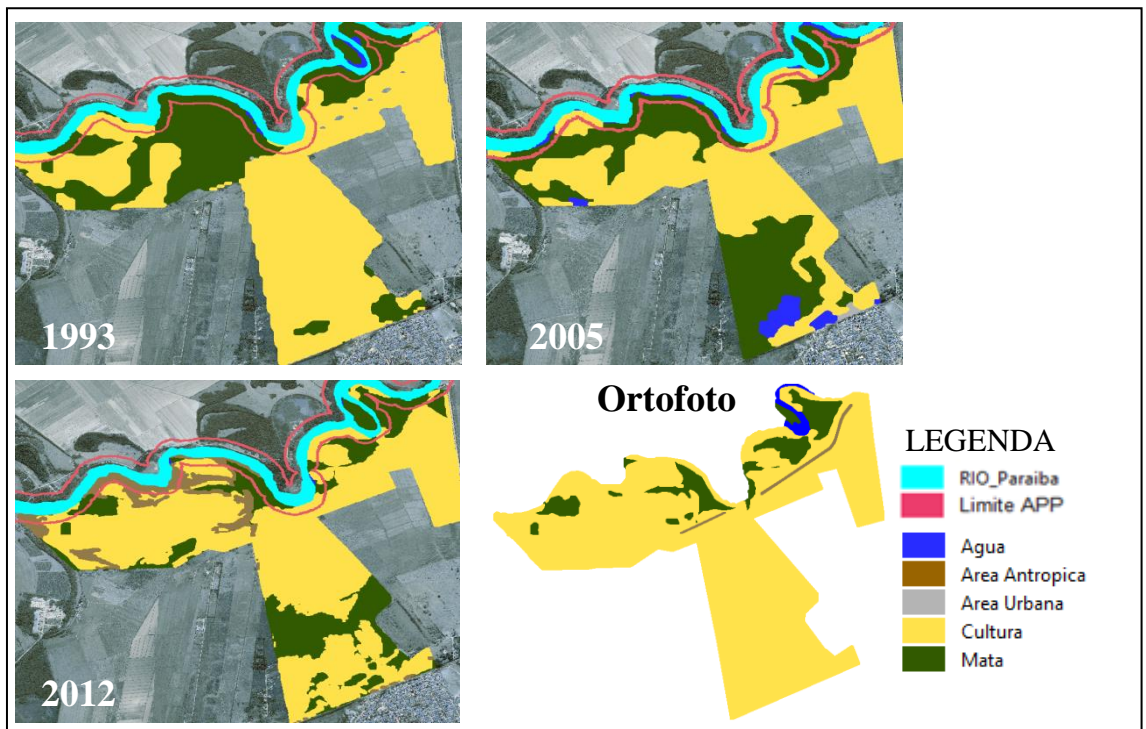


Figura 33. Classificações da Propriedade 2.

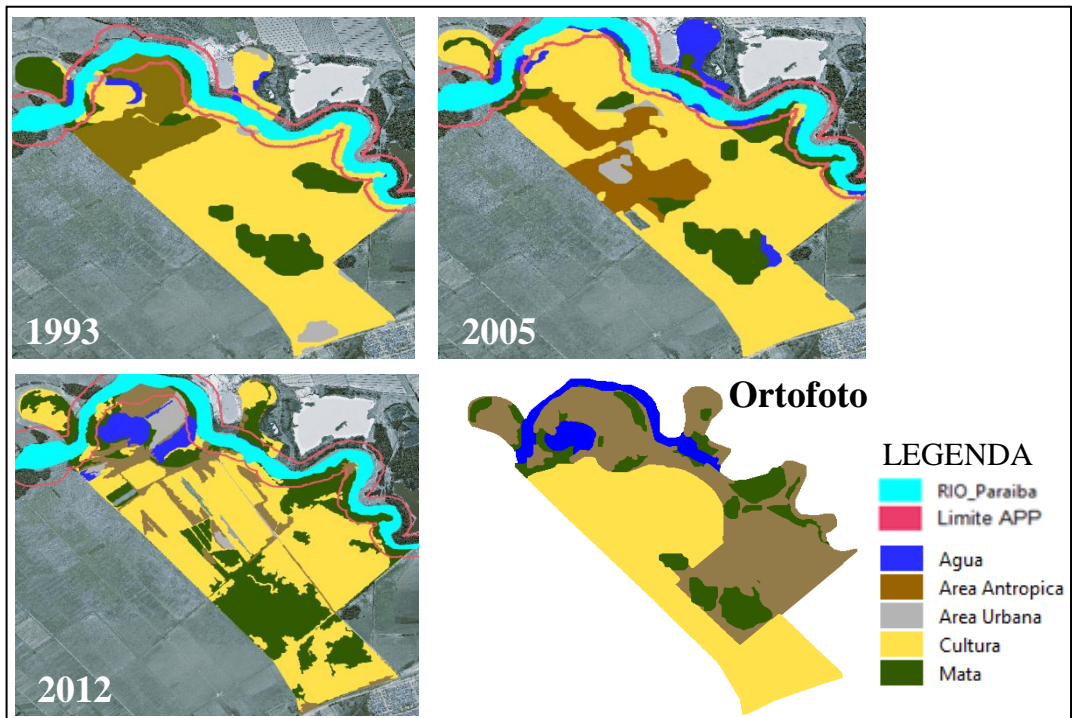


Figura 34. Classificações da Propriedade 3.

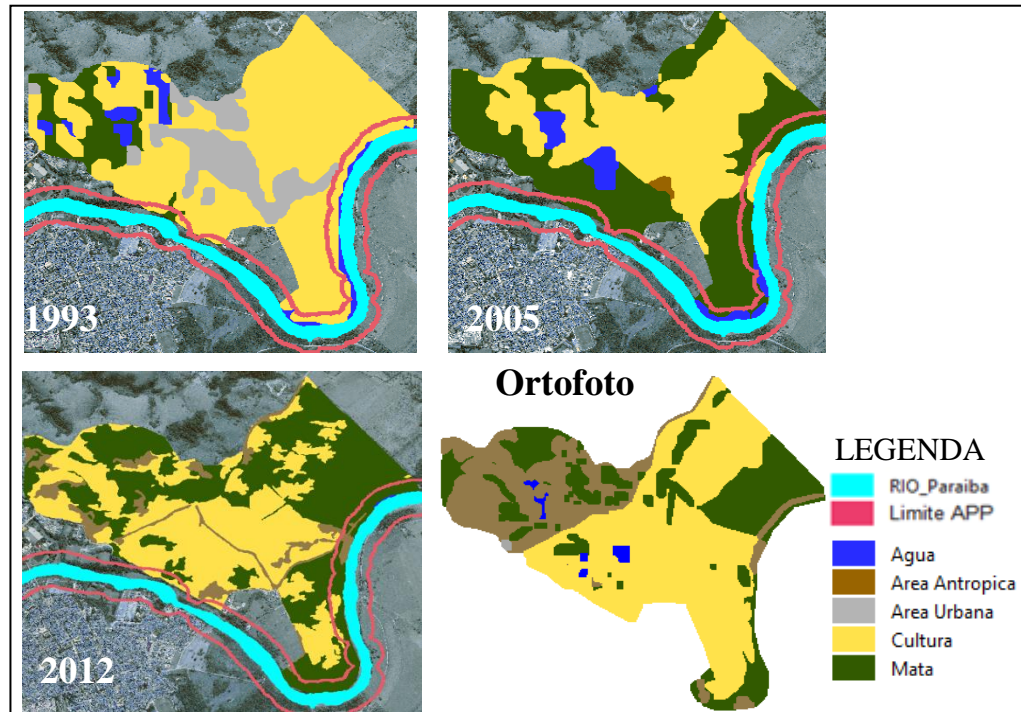


Figura 35. Classificações da Propriedade 4.

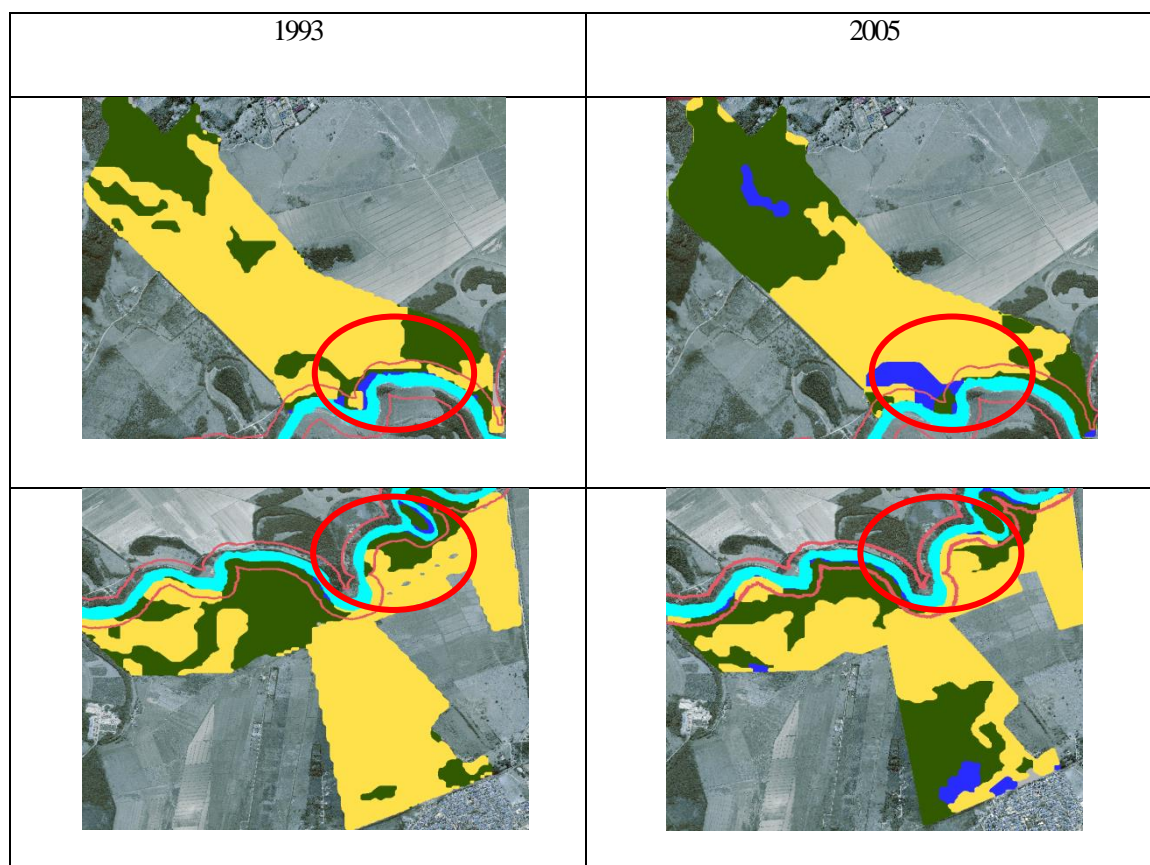


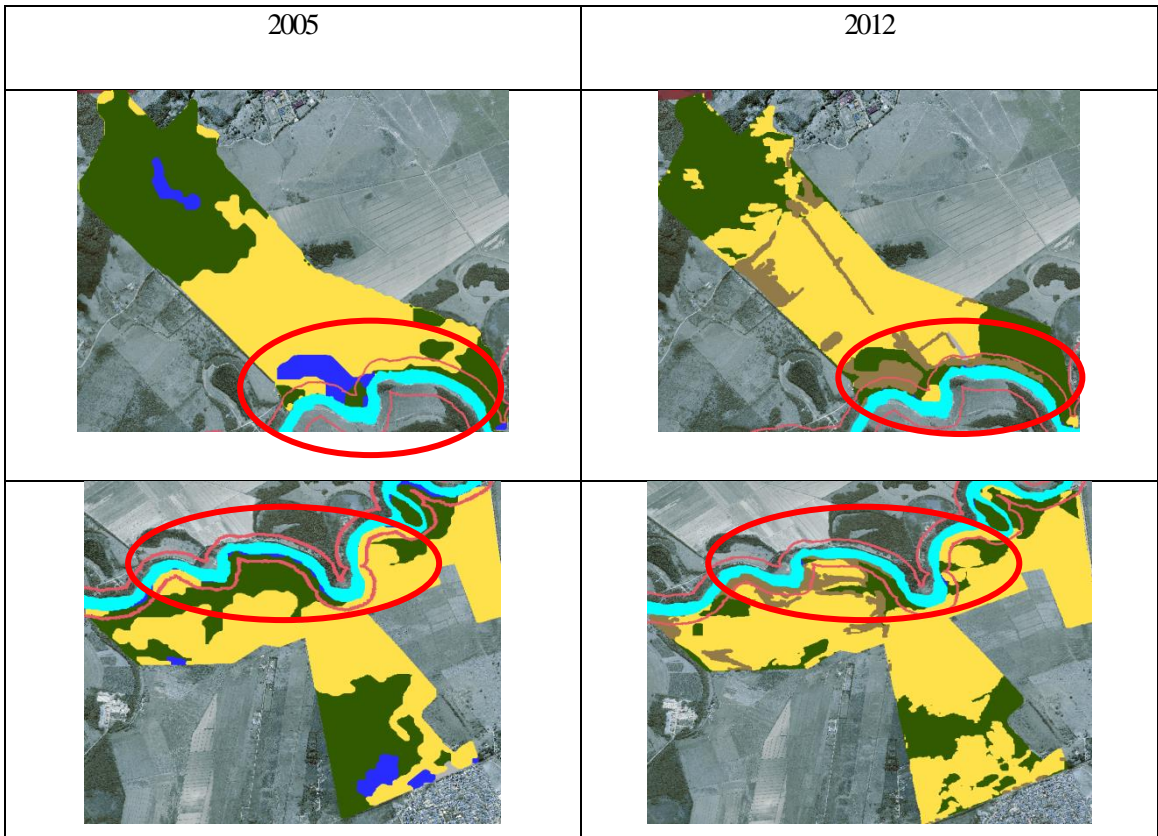
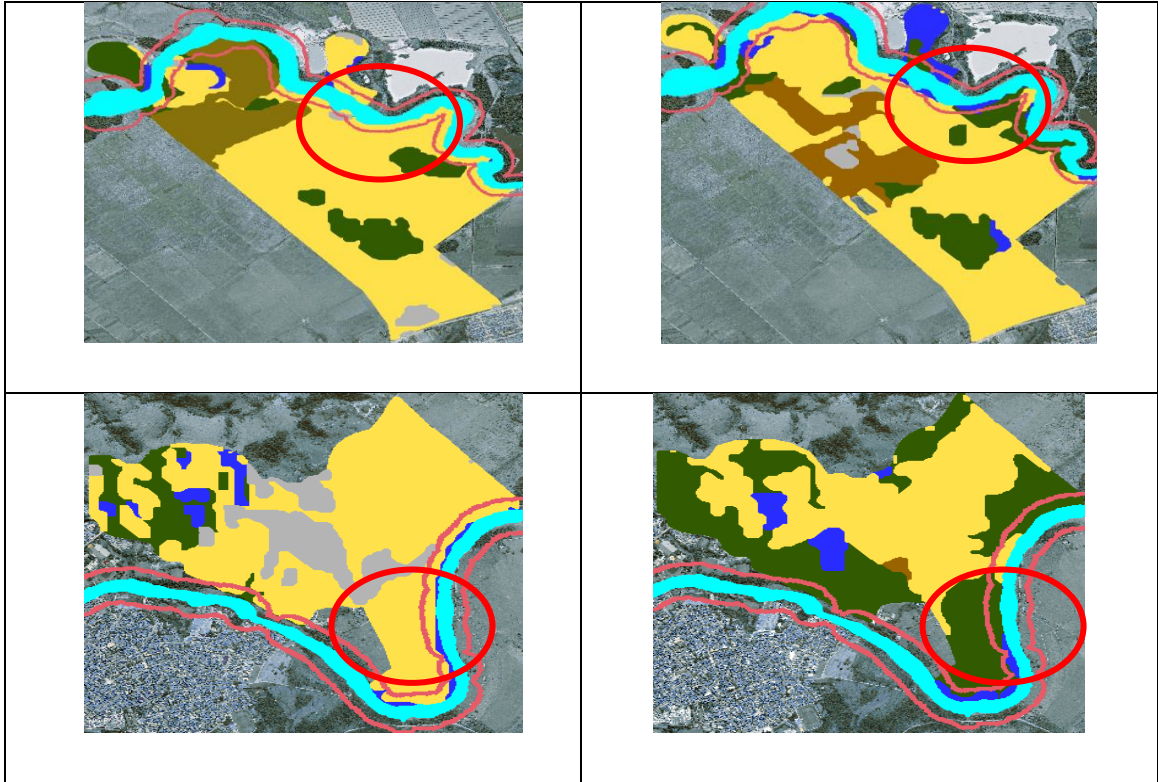
A partir das classificações foi possível constatar que existe ocupação dentro das APPS. Na tabela abaixo podemos observar o total em quilômetros quadrados de ocupação e uso do solo dentro da APP.

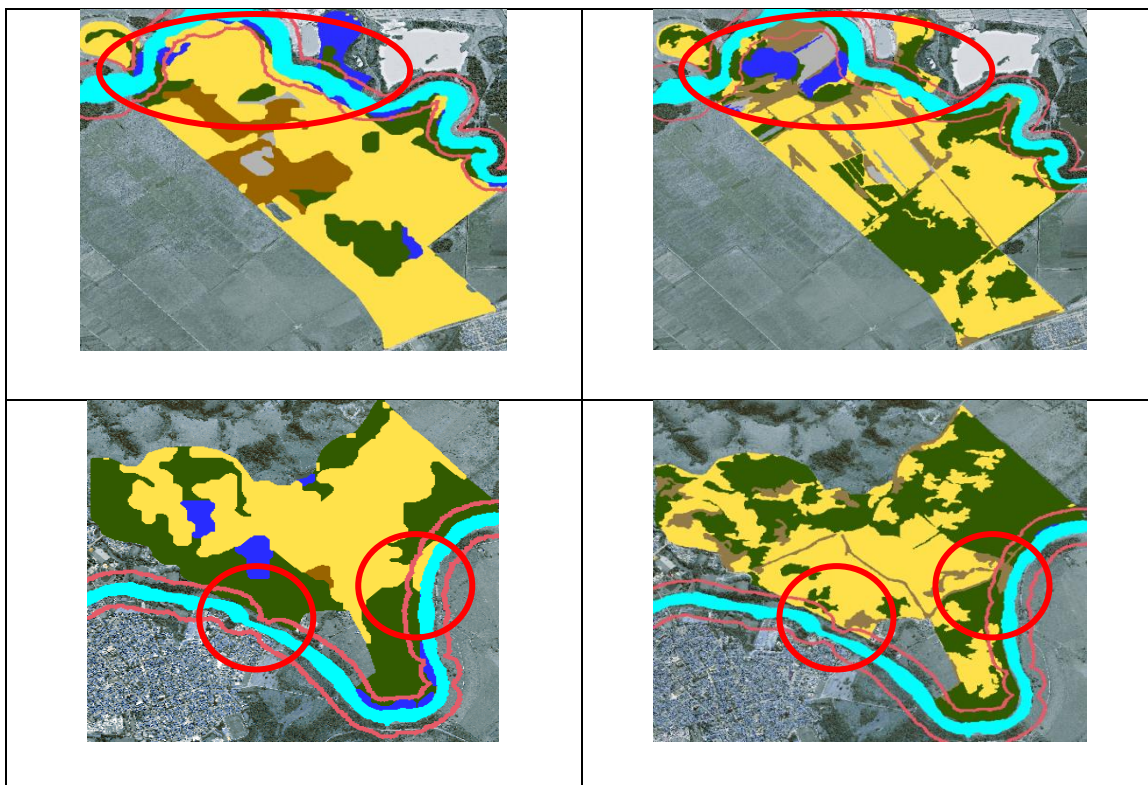
Cenas	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Propriedade 4
1993	0,094912	0,199226	0,638737	0,129701
2005	0.058315	0.175046	0.222616	0.023897
2012	0.092136	0.335936	0.249622	0.043325

Tabela 3. Uso e ocupação do solo dentro das APPs em Km<sup>2</sup>

As análises qualitativas das classificações mostraram que o uso agrícola dentro das APPs teve início antes de 1993 em todas as propriedades analisadas. Também é possível constatar que no decorrer dos anos ocorreu à mudança no uso e cobertura do solo, que foi alterado de cultura para mata em algumas localidades, enquanto em outras, não ocorreram alterações. Podemos observar abaixo as situações que ocorreram as mudanças:







Fica evidente que em alguns casos ocorreu à regeneração para vegetação, que pode ocorrer quando se altera o uso do solo de uma cultura para outra. Também é possível observar que em alguns anos, como por exemplo, de 2005 para 2012, onde algumas regiões dentro e fora das APPs sofreram modificações e foram fragmentadas.

### 4.3 Coeficiente Kappa

A análise de Kappa é uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão temática e considera todos os elementos da matriz de confusão no seu cálculo. O coeficiente Kappa (K) é uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais da matriz de confusão) menos a concordância por chance (indicado pelo produto total da linha e coluna, que não inclui entradas não reconhecidas), ou seja, é uma medida do quanto à classificação está de acordo com os dados de referência (FIGUEIREDO, 2007). O resultado obtido pelo coeficiente Kappa, varia no intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, melhor a qualidade dos dados classificados. Vários são os índices para agrupar esses dados quantitativos para qualitativos, entre

eles, pode ser destacado o apresentado por Fonseca (2000), conforme mostrado na Tabela 4.

$< 0$	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Tabela 4. Índice Kappa Desempenho  
Fonseca (2000).

Para calcular o coeficiente Kappa nesse trabalho foram utilizados dados da tabulação cruzada obtida através da sobreposição das classificações do ano de 2012 (RapidEye) com a Ortofoto (2010/2011), que foi considerada como dado de referência. A operação de tabulação cruzada, no SIG Spring, permite calcular a área das interseções entre as classes de dois planos de informação temáticos no formato matricial, que tenham mesma resolução horizontal e vertical, o mesmo número de linhas e colunas ("pixels") e compreendam as mesmas coordenadas no terreno. A tabulação cruzada compara as classes de dois planos de informações, determinando a distribuição de suas interseções. Os resultados representam tabelas de duas dimensões e são apresentados a seguir em hectares.

Plano-1 (nas linhas): Propriedade1 RapidEye 2012

Plano-2 (nas colunas): Propriedade1 Ortofoto

	Mata	Água	Área antrópica	Cultura	Área urbana
Mata	111.1125	1.2100	16.4750	1.3350	0.0000
Água	0.1225	0.0000	0.0250	0.0000	0.0000
Área antrópica	1.5325	0.0475	15.3000	13.4600	0.0000
Cultura	12.7850	0.4800	13.8075	119.1700	0.0000
Área urbana	0.0000	0.0000	0.0000	1.5825	0.0000

Plano-1 (nas linhas): Propriedade2 RapidEye 2012

Plano-2 (nas colunas): Propriedade2 Ortofoto

	Mata	Agua	Área antrópica	Cultura
Mata	50.7825	5.3525	0.0025	84.4900
Agua	0.4125	0.0000	0.0000	0.1975
Área antrópica	1.1575	0.0000	1.0075	27.5575
Cultura	3.6025	0.1850	0.2600	318.3475

Plano-1 (nas linhas): Propriedade3 RapidEye 2012

Plano-2 (nas colunas): Propriedade3 Ortofoto

	Mata	Agua	Área antrópica	Cultura
Mata	92.8625	5.9850	61.8075	56.6575
Agua	1.0125	18.1550	10.4050	1.1325
Área antrópica	4.8300	0.3675	11.5725	34.8625
Cultura	4.6850	0.5350	156.8200	173.2900

Plano-1 (nas linhas): Propriedade4\_RapidEye\_2012

Plano-2 (nas colunas): Propriedade4 Ortofoto

	Mata	Agua	Área antrópica	Cultura	Área urbana
Mata	73.0075	2.8650	22.9900	47.5075	0.0000
Agua	0.3650	0.0000	0.0275	0.0000	0.0000
Área antrópica	3.1225	0.0075	10.4900	6.2550	0.2325
Cultura	5.1625	1.1750	31.1125	86.5225	0.0225
Área urbana	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

A partir da tabulação cruzada foi possível realizar o cálculo do coeficiente Kappa, conforme tabela 5 abaixo:

Propriedades de 2012	Kappa
1	0,999566
2	0,999874
3	0,999878
4	0,999997

Tabela 5: Resultado do Coeficiente K por propriedade

A partir do resultado Kappa fica evidenciado que as classificações possuem excelente concordância entre si e, portanto, são consideradas confiáveis para análise de uso e ocupação do solo.

#### **4-CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Até a presente data do trabalho foram concluídas a proposta original e a segunda etapa que possibilitou analisar, através de imagens multitemporais do satélite LandSat, quando iniciou e qual a evolução da ocupação desordenada dentro da APP de estudo. Fica assim, na primeira parte do trabalho evidenciado que existe o uso do solo de 43,84% dentro dos limites da APP. Além disso, verificou-se que os proprietários das propriedades analisadas declararam corretamente seus limites, já que quando sobrepostas com a APP gerada nesse trabalho a diferença foi de apenas 0,87ha. Esta diferença corresponde à aproximadamente 4% da área total, conforme mostra o cronograma de atividades abaixo e foi considerada pequena. Para a segunda etapa verificou-se que ocorreram alterações dentro dos limites das APPs e que, embora minoritariamente, em alguns casos ocorreu a regeneração da vegetação.

Um resultado importante foi à determinação da drenagem da forma mais fiel possível, o que levou a delimitação de áreas de macrófitas que foram incorporadas ao leito rio. Essa avaliação na metodologia conduziu a uma diferença de 31,84% no leito do rio. Sendo assim, a determinação da APP também foi influenciada.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível o aprendizado de novas funções de geoprocessamento, utilizando os SIG SPRING e TerraHidro. Também foi possível participar, como aluna ouvinte, da disciplina de introdução a Geoprocessamento em 2017, Introdução à Princípios Físicos do Sensoriamento Remoto, no primeiro trimestre de 2018, do curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto. E atualmente, no segundo trimestre, participar da disciplina de Detecção e Análise de Padrões de Uso e Ocupação da Terra, que possibilitará um maior embasamento teórico para realização da próxima fase do trabalho, pois no final da disciplina ocorre uma apresentação da proposta de trabalho utilizando o conhecimento adquirido durante as aulas.

Parte deste trabalho já foi apresentada e publicada no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR 2017, em Santos-SP (PAULA, D. S. et al. , 2017 ). E na

fase atual, está sendo finalizado um artigo sobre os resultados discutidos acima para submissão em revista ainda nesse mês.

Pode-se observar abaixo o cronograma para o desenvolvimento da proposta inicial desse trabalho (fase um):

ATIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Leitura do Código Florestal, estudo sobre APP, sistemas SPRING e TerraHidro e sobre Sensoriamento Remoto	X	X	X									
2. Extração/classificação do leito do Rio Paraíba do Sul de imagens Rapideye				X	X							
3. Edição do resultado do item anterior para correção de erros						X						
4. Extração automática da APP do rio Paraíba do Sul							X					
5. Interpretação e análise do uso e cobertura do solo nas APPs								X	X			
6. Relatório final e escrita de artigo										X	X	X

Na segunda fase do trabalho foi possível aprofundar e detalhar os resultados com o uso de outras imagens de diferentes datas, que serviram como base para análise temporal das APPS. Observou-se que dentro do período analisado o uso e a ocupação do solo já haviam apresentado alterações ocasionadas por ação humana, seja para agricultura ou outros tipos de uso. Também foi possível observar que em algumas pequenas áreas a vegetação se reestabeleceu, mas não é possível afirmar que ela seja de grande porte, como floresta ou mata nativa. Abaixo pode-se observar o cronograma da fase 2 :

ATIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Seleção das imagens Landsat no Banco de dados do INPE	X											
2. Classificação automática das imagens		X	X	X								
3. Edição do resultado da classificação						X						
4. Sobreposição das imagens classificadas com a APP							X					
5. Análise qualitativa e quantitativa das mudanças								X	X			
6. Relatório final e escrita de artigo										X	X	X

Para as próximas etapas pretende-se replicar a metodologia das APPs, desenvolvida para área do rio Paraíba do SUL/SP, para região de condições espectrais diferentes e com regras para APPs diferentes, como a Amazônia; comparar os resultados obtidos nas duas áreas, buscando adequar alterações e parametrizar para ambientes diferentes, de modo a padronizar uma metodologia semi-automatizada.

A Amazônia Legal compreende os Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso e as regiões situadas ao norte do paralelo 13° S, dos Estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano de 44° W, do Estado do Maranhão. Neste aspecto, uma das áreas que vem sendo avaliada por especialistas do INPE é o estado do Pará devido à expansão das lavouras de soja. A bacia do rio Curuá-Una é uma região que tem uma base de dados vasta no INPE com acúmulo de conhecimento. Os dados do Projeto TerraClass (Almeida et al., 2008) fazem, também, parte desta base. O TerraClass tem gerado dados bianuais de uso e cobertura do solo em áreas desmatadas identificadas pelo PRODES (INPE, 2002) e, assim, tornado possível analisar a dinâmica de uso e cobertura da Amazônia Legal Brasileira nas áreas desmatadas, incluindo a região da bacia do rio Curuá-Una. Sendo assim, a terceira fase do trabalho será realizada em um trecho da bacia do rio Curuá-Una, que será escolhido de acordo com a disponibilidade de dados para o desenvolvimento do trabalho. Em condições climáticas, atmosféricas e de relevo diferentes, supõe-se que os limiares de Intensidade, utilizados para caracterizar as laminais d'água com imagens de sensoriamento remoto, terão valores diferentes dos já testados até o momento, pois a região Amazônica apresenta características espectrais da água que diferem daquelas estudadas até o momento.

Abaixo pode-se observar a tabela com as sequências das etapas da próxima fase:

ATIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Definir qual trecho do rio da bacia Curuá-Una/Pará será trabalhado;	X											
2. Seleção cena RapidEye no Banco de dados do INPE	X											



3. Executar processo de classificação automática e delimitação do leito do rio;		X	X	X								
4. Edição do resultado da classificação;					X							
5. Extração automática da APP, considerando propriedades CAR Amazonia						X	X					
6. Mapeamento uso e ocupação solo nas APP/Propriedades CAR							X	X	X			
7. Avaliação com observação temporal do uso e ocupação do solo na área, com auxílio TerraClass/INPE									X	X		
8. Análise dos resultados e comparação com a fase 2 do projeto.									X	X	X	
9. Definir parâmetros metodológicos										X	X	X
Relatório Final e escrita de artigo											X	X

## 5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, S. (1989). **Geographic information systems: a management perspective.**

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. **High spatial resolution land use and land cover mapping wf the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data / Mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Brasileira com alta resolução espacial utilizando dados Landsat-5/TM e MODIS.** Acta Amazonica, v. 46, n. 3, p. 291-302, Sept. 2016. DOI: <10.1590/1809-4392201505504>. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201505504>>.

ALVARO, Penteadó Crósta **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto** / ed. rev. - Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992.

Blackbridge. 2015. **Satellite Imagery Product Specifications.** Version 6.1: 1–48. Available at <[http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE\\_Product\\_Specifications\\_ENG.pdf](http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf)>. Acesso em 20/06/2016.

Código Florestal Brasileiro disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso 10/05/2016.

**Cartilha do código Florestal brasileiro.** Disponível em :  
<http://codigoflorestal.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2012/11/novo-codigo-florestal.pdf> , Acesso em fevereiro de 2018.

Camara, G., Souza, R.C.M., Freitas. U.M., Garrido, J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**.

CAR -Sicar - Sistema Nacional de **Cadastro Ambiental Rural**.<http://www.car.gov.br/>

DE SOUZA Jr, D. I. (2004). **A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul**  
*.ENGUESTA*, 3(6).

FIGUEIREDO, Geíza Coutinho; VIEIRA, Carlos Antonio Oliveira . Estudo do Comportamento dos Índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, Comumente Usados para Avaliar a Classificação de Imagens do Sensoriamento Remoto. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis-SC. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007.

FLORENZANO, Teresa Gallotti 2011“*Iniciação em Sensoriamento Remoto*”. 3º Edição ampliada e atualizada.

FONSECA, L. M. G. Processamento digital de imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **PROJETO PRODES DIGITAL: Mapeamento do desmatamento da Amazônia com Imagens de Satélite**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002 [online]  
<http://www.obt.inpe.br/prodes/14>

LEONARDI, S. S.; NAMIKAWA, L. M.; OLIVEIRA, J. R. DE F.; ROSIM, S.  
Delimitation of permanent protected areas of rivers in Brazil.

MMA.2016.**GeoCatálogoDoMinistérioDoMeioAmbiente**. Available at  
<<http://geocatalogo.mma.gov.br/sobre.jhtml> >. Acesso em 18/05/2016.

MOREIRA, Maurício A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**/ 4 ed. Atual. e ampla./ Capítulo 15 /viçosa, MG : Ed. UFV, 2011.

NAMIKAWA, L. 2016 - **Extração de Corpos d'Água Utilizando Imagens RapidEye: Metodologia Automatizada com Base no Componente Matiz da Transformação de Cores RGB para o Modelo HSV.**

OZEMOY, V. M., SMITH, D. R., & SICHERMAN, A. (1981). **Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis.** *Interfaces*, 11(5), 92-100.

OLIVEIRA, J. R. F., 2016 - **Assessment of the drainage network extracted by the TerraHidro system using the CCM2 drainage as reference data** < <https://agile-online.org/index.php/conference/conference-2016?layout=edit&id=281> > Acesso em: 28/06/2016.

PINTO, Inês 2009 **Introdução aos sistemas de Informações Geográficas/** Instituto de Investigação Científica Tropical- Curso de Introdução à Georreferenciação.

Smith, Alvy Ray. "Color gamut transform pairs." *ACM Siggraph Computer Graphics* 12.3 (1978): 12-19.

Portal ANA, Agência Nacional de Águas, 2010 disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em 13/06/2016.

PAULA, D. S.; ORTIZ, J. O.; S. Rosim; NAMIKAWA, L. M. Determinação e Análise de Áreas de Proteção Permanente Para Rios de Médio e Grande Porte Utilizando Imagens RapidEye, Segundo Novo Código Florestal Brasileiro. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos -SP.*

RapidEye . **Satellite Imagery Product Specifications.** Avail ableat<[http://www.rapideye.com/upload/RE\\_Product\\_Specifications\\_ENG.pdf](http://www.rapideye.com/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf)>. Acesso em 09/06/2016.

ROSIM, Sergio; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira ; RENNÓ, Camilo Daleles ; OLIVEIRA, J. R. F. . **Uma ferramenta open source que unifica representações de fluxo local para apoio à gestão de recursos hídricos no Brasil. IP. Informática Pública**, v. 10, p. 29-49, 2008.

SOUZA JR., DANIEL i. de. "A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul." *Engevista* 6.3 (2010).

Site do Departamento de Processamento de Imagens, INPE, disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html> >. Acesso em 12/05/2016

