



**Ivan Figueiredo Borges**

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO E CADASTRO DE IMÓVEIS  
RURAIS**

**LAVRAS – MG  
2021**

**IVAN FIGUEIREDO BORGES**

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO E CADASTRO DE  
IMÓVEIS RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Florestal, para  
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges  
Orientador

Msc. Eveline Aparecida Pereira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

*À minha avó,  
Lucy Vieira Figueiredo.  
Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família, que esteve sempre presente me apoiando e dando forças pra conseguir lutar pelos meus sonhos.

À minha companheira Bruna, pelo amor e apoio incondicional.

Aos meus irmãos e amigos da República Arapuca, pela amizade e companheirismo que deixaram a caminhada mais leve durante esses anos.

Ao professor Luís Antônio Coimbra Borges, pela orientação, apoio e ajuda durante toda graduação, em especial, na construção desse trabalho.

Ao professor Fausto Weimar Acerbi Júnior, pela paciência, confiança, apoio e amizade. Obrigado por todo ensinamento e compreensão.

À Eveline Aparecida Pereira, principalmente pela paciência durante a elaboração deste trabalho, incentivo e apoio. Sua coorientação foi fundamental, obrigado por tudo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), que através do Departamento de Ciências Florestais (DCF) me proporcionou a oportunidade de conclusão da graduação em Engenharia Florestal.

Ao Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF), pela oportunidade de realização do estágio supervisionado.

À todos os membros da Equipe GEO, pela amizade e ensinamentos durante todo o estágio.

A todos funcionários, amigos e professores do LEMAF/DCF, obrigado pelos momentos compartilhados juntos.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

O desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento contribuem com a conservação, tendo em vista a possibilidade de avaliações de uso e cobertura das terras nas mais diversas escalas de análise. Este trabalho tem como objetivo relatar as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado no Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF), atualmente Agência Zetta, localizada no Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Nesse contexto, as atividades desenvolvidas foram voltadas ao uso de geotecnologias para compor uma base de dados que visa auxiliar órgãos governamentais no planejamento estratégico do uso e ocupação do solo em relação a conservação dos recursos naturais em imóveis rurais de vários estados do Brasil. Os resultados da análise de imagens de alta resolução espacial permitem inferir o uso e ocupação do solo atrelados aos recursos naturais, obtendo um mapeamento preciso das áreas preservadas, áreas degradadas e áreas susceptíveis a ação antrópica. O projeto ainda se encontra em andamento e num futuro próximo será produzida uma base de imóveis rurais em todo o território brasileiro. A importância desse projeto está na compreensão das políticas ambientais contidas no Novo Código Florestal, por meio da aplicação de conhecimentos das técnicas e ferramentas de geoprocessamento, as quais subsidiam a correta interpretação dos padrões de uso e ocupação do solo facilitando o monitoramento da superfície da terra em escala temporal e espacial.

**Palavras Chave:** Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Mapeamento, Uso do Solo, Hidrografia, CAR

## **ABSTRACT**

The development of remote sensing and geoprocessing techniques contributes to conservation, in view of the possibility of assessments of land use and coverage at the most diverse scales of analysis. This work aims to report the activities developed during the supervised internship at the Laboratory of Studies and Projects in Forest Management (LEMAF), currently Agência Zetta, located in the Department of Forest Sciences (DCF) of the Federal University of Lavras (UFLA). In this context, the activities developed were focused on the use of geotechnologies to compose a database that aims to assist government agencies in the strategic planning of land use and occupation in relation to the conservation of natural resources in rural properties in several states in Brazil. The results of the analysis of images of high spatial resolution allow to infer the use and occupation of the soil linked to the natural resources, obtaining an accurate mapping of the preserved areas, degraded areas and areas susceptible to anthropic action. The project is still in progress and in the near future a base of rural properties will be produced throughout the Brazilian territory. The importance of this project is in understanding the environmental policies contained in the New Forest Code, through the application of knowledge of geoprocessing techniques and tools, which subsidize the correct interpretation of land use and occupation patterns, facilitating the monitoring of the earth's surface. on a temporal and spatial scale.

**Keywords:** Remote Sensing, Geoprocessing, Mapping, Land Use, Hydrography, CAR

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
<b>3. METODOLOGIAS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....	<b>10</b>
3.1 AQUISIÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS OBTIDAS POR SENSORIAMENTO REMOTO.....	11
3.2 MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	12
3.3 EXTRAÇÃO DA BASE HIDROGRÁFICA A PARTIR DAS IMAGENS RAPIDEYE 2011 E SENTINEL 2017/ 2018 .....	15
3.4 EXECUÇÃO DO CADASTRO E RETIFICAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS DE REFORMA AGRÁRIA.....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
4.1 AQUISIÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS OBTIDAS POR SENSORIAMENTO REMOTO.....	17
4.2 MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	20
4.3 EXTRAÇÃO DA BASE HIDROGRÁFICA A PARTIR DAS IMAGENS RAPIDEYE 2011 E SENTINEL 2017/ 2018 .....	25
4.4 EXECUÇÃO DO CADASTRO E RETIFICAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS DE REFORMA AGRÁRIA.....	27
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>6. PESQUISAS FUTURAS</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, e em vários outros países do mundo, as atividades antropogênicas exercem grande pressão sobre a ocupação dos biomas, dentre eles destacam-se as savanas e, em particular, o Cerrado. Segundo Ferreira et. al (2013) atualmente, metade da área do bioma cerrado está substituída por outros usos, principalmente agricultura e pastagem. A não percepção da maior parte da população sobre o papel da natureza, conjugada ao uso do solo desordenado e ao desmatamento, tem provocado sérias consequências ambientais, como poluição, erosão, assoreamento dos rios e inundações, que afetam diretamente a sociedade (VIEIRA & CUNHA, 2012).

Assim, foi criado pela Lei nº 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, e regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 2 de 5 de maio de 2014, o Cadastro Ambiental Rural – CAR um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes à situação das Áreas de Preservação Permanente - APP, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (SFB, 2016).

O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas permitem análises de grandes conjuntos de variáveis (FLORENZANO, 2011), facilitando os estudos ambientais que necessitam de metodologias e ferramentas para análises de multivariáveis espaciais.

A associação de tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas geram resultados replicáveis, de maior exatidão e confiabilidade, além de ser uma forma alternativa às pesquisas de campo que são geralmente mais caras, trabalhosas e limitadas em alcance temporal e espacial, sendo também facilmente acessíveis por possuírem bancos de dados digitais (LANA, 2011).

O Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) foi criado com instrumento de auxílio ao CAR, o qual contribui para o cumprimento da obrigação de cadastro no registro eletrônico e público de abrangência nacional e para integrar as informações ambientais de todos imóveis rurais. As informações ambientais cadastradas pelo produtor rural no SICAR são confrontadas com um mapeamento gerado a partir de imagens de sensoriamento remoto, contendo as seguintes classes de cobertura da terra:



remanescentes de vegetação nativa e áreas que sofreram alterações antropogênicas entre 22 de julho de 2008 e dezembro de 2011.

Isto posto, a base digital (mapas) georreferenciada gerada durante as atividades do projeto de estágio proporcionará um maior detalhamento da superfície terrestre, referenciando a elaboração de diagnósticos ambientais de alta precisão e qualidade técnica, permitindo a identificação e quantificação das áreas de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL) nas propriedades rurais localizadas no território brasileiro.

Portanto o diagnóstico ambiental nos imóveis rurais deve ser feito para possibilitar as consequentes ações de restauração, orientando o planejamento e a localização de novas áreas de RL com base nas áreas degradadas em APP e RL previamente identificadas, sendo assim possível a solidificação das questões que envolvem a conservação e funcionalidade dos ecossistemas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo deste estágio foi expandir além do espaço acadêmico, os conhecimentos sobre operações florestais e dinâmica do funcionamento de uma empresa, desenvolvendo atividades na área ambiental e florestal. Além disso, compreender em vivência prática as formas de planejamento, aprimoramento e otimização das operações, ampliando assim, o exercício da criatividade acadêmico-profissional para auxiliar órgãos governamentais no planejamento estratégico envolvendo o uso e ocupação do solo em relação a conservação dos recursos naturais em imóveis rurais de vários estados do Brasil.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Adquirir experiência no uso de softwares para pré-processamento de imagens de sensoriamento remoto;
- Aquisição e pré-processamento de imagens de sensoriamento remoto;
- Realizar a interpretação técnico-visual de características de ocupação e uso do solo;
- Realizar a extração de base hidrográfica através de imagens digitais de alta resolução;
- Conhecer o processo de execução do Cadastro Ambiental Rural (CAR) nos assentamentos de reforma agrária.
- Gerar uma base de dados de uso e cobertura do solo e de drenagem para servir de apoio nas tomadas de decisões em relação a regularização dos cadastros.

### 3. METODOLOGIAS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O projeto de estágio supervisionado realizado no Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF), atualmente Agência Zetta, localizado no Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A Zetta nasce das experiências executadas pela UFLA de forma multidisciplinar, tendo as experiências do Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, do Departamento de Ciências Florestais, como grande fonte de Inspiração. Esse Laboratório trabalhou de maneira integrada a outros professores da UFLA e do Departamento de Ciências Florestais, ao longo de mais de 25 anos. Foi responsável por grandes projetos, como o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais e também do Espírito Santo (ZEE), o Manejo Sustentável da Candeia, o Inventário Florestal de Minas Gerais e o Modelo Fitogeográfico da Bacia do Rio Grande e do São Francisco, o Manejo do Cerrado para Usos Múltiplos, entre outros.

O LEMAF se notabilizou por atuar tanto na área ambiental como na de produção, entregando centenas de soluções a instituições públicas e ao mercado. Notabilizou-se também por ser grande formador de mão de obra qualificada para o mercado. Além disso, mais de 700 colaboradores diretos, entre discentes bolsistas - seja de graduação ou pós-graduação -, pesquisadores e docentes passaram pelo LEMAF desde sua criação, contribuindo com a formação humana e intelectual, missão primeira da UFLA.

O LEMAF continuará sua missão acadêmica e de projetos na área de Manejo Florestal e, mesmo quando necessário, em tecnologia da informação. Já a Zetta, como uma agência de Inovação, focará toda a *expertise* que foi acumulada em geotecnologias e tecnologias inteligentes. O que se busca com a criação da Agência é uma integração Institucional que permita maior transversalidade entre docentes de diferentes unidades acadêmicas, especificamente em Geotecnologias e Sistemas Inteligentes vinculados ao agronegócio. A Zetta funcionará no prédio LEMAF 2.

As atividades do estágio buscaram aplicar os conceitos teóricos descritos na Lei nº 12.651/2012 integrando as ferramentas de geoprocessamento para identificação do uso e cobertura do solo e assim promover técnicas de manejo adequado aos mesmos, buscando garantir a funcionalidade dos ecossistemas.

### 3.1 Aquisição e pré-processamento de imagens obtidas por sensoriamento remoto

Foram adquiridas imagens de média e alta resolução dos satélites *Landsat*, *RapidEye* e *Sentinel*, para serem usadas como insumo no mapeamento da área de interesse.

A série Landsat surgiu no final dos anos 1960 como parte do Programa Espacial “Earth Resources Technology Satellite”, da NASA (National Aeronautics and Space Administration). Trata-se do programa de aquisição de informações sobre os recursos terrestres mais antigo, operando ininterruptamente desde o dia 23 de julho de 1972 com o lançamento do satélite ERTS 1, que posteriormente foi rebatizado “Landsat”. Seu enfoque é o Sensoriamento Remoto de Recursos Naturais Terrestres, e disponibiliza imagens gratuitas da superfície da Terra, que atualmente são distribuídas pela USGS (United States Geological Survey). Também podem ser adquiridas no sítio institucional do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A aquisição das imagens do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 foram realizadas no portal do USGS (United States Geological Survey - <http://www.usgs.gov>), sem custos, do qual foram utilizadas imagens do produto Landsat CDR (Landsat Surface Reflectance Climate Data Record) que apresentam correções atmosféricas e são ortorretificadas. Para aquisição das imagens foram adotados critérios visuais em relação ao percentual de nuvens na cena, garantindo assim a melhor imagem do período para seguir com as análises.

Foram extraídas bandas espectrais específicas para a classificação das imagens provenientes do produto Landsat CDR, sendo: bandas 1, 2, 3, 4, 5 e máscara binária de nuvens (banda 7). O software utilizado para composição R,G,B das bandas espectrais foi o ENVI 5.1, o qual também foi utilizado posteriormente no processo de classificação e para fazer os mosaicos, ou seja, unir duas cenas R,G,B formando uma nova imagem da área de interesse.

A utilização de tecnologias como o sensoriamento remoto, que incorpora informações espaciais de maior escala, é uma possibilidade para o refinamento de mapas de solos e de uso das terras (MULDER *et al.*, 2011). Os dados de sensoriamento remoto fornecem covariáveis para o mapeamento, aplicadas em Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e imagens da superfície (POGGIO *et al.*, 2013).

Nesse contexto, sensores a bordo da constelação de cinco satélites RapidEye têm resoluções espacial, radiométrica, temporal e espectral melhoradas (ANTUNES *et al.*, 2014), especialmente em relação sensores TM e ETM+ dos Landsat 5 e 7, que são os mais utilizados nestes tipos de aplicações. Embora o OLI do Landsat 8 apresente resolução radiométrica e espectral melhoradas, o RapidEye proporciona as melhores resoluções espacial e temporal, além de uma banda na região da borda do vermelho, comumente conhecida como “red edge”, propícia para a determinação do estado de saúde fotossintética da vegetação. Essa banda tem sido utilizada com a finalidade de aperfeiçoar o resultado da classificação do uso do solo – em comparação ao uso das bandas multiespectrais (SCHUSTER *et al.*, 2012) –, para a determinação do índice de área foliar em áreas de sistemas agroecológicos, por meio de índices que incluem o “red edge” (DELEGIDO *et al.*, 2013), e para a determinação de nitrogênio em gramíneas (RAMOELO *et al.*, 2012).

As imagens dos satélites RapidEye foram adquiridas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), todas referente ao ano de 2011. Foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4 e 5, além da máscara de nuvem disponibilizada para cada cena (tile) RapidEye.

As imagens dos satélites Sentinel também foram adquiridas no portal do USGS (United States Geological Survey - <http://www.usgs.gov>), sem custos, referentes aos anos 2017 e 2018, e 2019, caso necessário. As bandas espectrais utilizadas na análise foram as bandas 3, 4 e 8

### **3.2 Mapeamento do uso e ocupação do solo**

O mapeamento do uso do solo consiste na verificação primeiramente das áreas consolidadas. De acordo com a Lei de Proteção de Vegetação Nativa (LPVN) do Código Florestal, Lei nº 12.651/12, área rural consolidada é “área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio” (art. 3º, IV).

Em outras palavras, área rural consolidada é aquela que, até 22/07/2008, teve sua vegetação natural modificada pela ação do homem. O uso do solo consolidado foi analisado temporalmente entre as imagens do ano 2018 e posteriormente 2008, ou seja, na imagem 2018 foi mapeado toda possível área consolidada contida na cobertura do solo, e depois em 2008 foi verificado se a classificação de área consolidada em 2018 era

realmente uma área consolidada na imagem 2008 ou se era um desmatamento ocorrido entre 2008 e 2018.

Fazendo parte das técnicas de Sensoriamento Remoto, a classificação digital é uma das principais funções do processamento de imagens de satélite. Para a geração de um mapa, deve ser aplicada a classificação digital, a qual entendemos como o processo de extração das informações contidas nas imagens, utilizando ferramentas de SIG, com o objetivo de reconhecer e segmentar os padrões homogêneos (INPE, 2006).

Os polígonos gerados na segmentação são usados para definir objetos dispostos sobre a superfície terrestre a partir de um conjunto de dados, como forma, textura, medida, contexto, e relações de vizinhança, agrupando-os em categorias ou classes temáticas mais precisas, delimitando objetos mais complexos e evitando longas etapas posteriores de edição manual (DEFINIENS, 2016).

Todo o projeto foi realizado no software *eCognition*, um software moderno de análise imagens que permite fazer segmentação, ou seja, agrupar pixels espectralmente semelhantes e espacialmente adjacentes formando objetos únicos na imagem (DESCLÉE; BOGAERT; DEFOURNY, 2006). A árvore de processos é a primeira ferramenta inserida antes que o novo projeto seja criado, nos algoritmos da árvore de processos é definido toda a automatização que o software irá executar desde o carregamento das imagens, o georreferenciamento, a segmentação e a classificação final.

Após inserir a árvore de processos, é necessário montar o projeto no software. Primeiramente foi inserido uma classificação prévia, resultado no primeiro mapeamento do CAR feito pela atual empresa Zetta. Essa classificação prévia serviu como base de apoio, em seguida imagens *Landsat* 2008, *RapidEye* 2011, *Sentinel-2* 2017 e 2018 respectivamente. Através da árvore de processos foi realizado o georreferenciamento das imagens, ou seja, foi garantido que cada imagem de cada ano estivesse na mesma posição georreferenciada.

Após o georreferenciamento, as imagens eram segmentadas em todos os anos e iniciava a análise para geração da nova classificação. O algoritmo utilizado neste processo é o de segmentação multirresolução, descrito por Baatz e Schäpe (2000) e implementado no software *eCognition*, descrito na Equação 1.

$$w_{sp} \sum_{nb} w_b \sigma_b + (1 - w_{sp}) \left[ w_{cp} \frac{l}{\sqrt{np}} + (1 - w_{cp}) \frac{l}{lr} \right] \leq h_{sc} \quad (1)$$

Onde, há parâmetros que são definidos pelo usuário, como o *wsp* que é o parâmetro espectral variando de 0 a 1, zero é o peso total para homogeneidade espectral e 1 para forma do objeto; *wcp* é o parâmetro espacial que tem a mesma interpretação do *wsp*, porém para quesitos de compacidade e suavidade dos objetos; e *hsc* é o parâmetro de escala que controla o tamanho dos objetos.

A segmentação é um processo preliminar a classificação baseada em objetos, aplicada principalmente em imagens de alta resolução espacial, garantindo melhor distinção dos objetos e mapas mais precisos (YAN et al., 2006). A análise de imagens baseada em objetos permite a inserção de novos intérpretes em relação as análises pixel a pixel, os objetos geográficos são verdadeiros objetos no mundo real enquanto que os pixels não passam de valores espectrais de referência (HUSSAIN et al., 2013).

Após a segmentação das imagens, foi realizada a correção de possíveis classes de estudo identificadas de forma incoerente no ano de 2008 e posteriormente seguiu-se com a análise de interpretação visual em cada ano de estudo mapeando temporalmente as classes de:

- Água,
- Apicum Salgado,
- Área Antropizada 2008-2016,
- Area Antropizada 2016-2017,
- Area Antropizada 2017-2018,
- Área Urbana,
- Índice de Regeneração 2008-2016,
- Índice de Regeneração 2016-2018,
- Mangue,
- Nuvens,
- Restinga,
- Uso Consolidado,
- Vegetação Nativa,
- Vereda.

### **3.3 Extração da base hidrográfica a partir das imagens RapidEye 2011 e Sentinel 2017/ 2018**

Em relação aos cursos d'água e nascentes, esses foram vetorizados manualmente com base nas imagens fornecidas em cada estado e seguindo o estabelecido no Art. 61 da Lei 12.651 / 2012, visto que nos Sistemas de Cadastro a hidrografia é representada por:

- Nascentes;
- Curso d'água natural até 10 metros;
- Curso d'água natural de 10 a 50 m;
- Curso d'água natural de 50 a 200 m;
- Curso d'água natural de 200 a 600 m;
- Curso d'água natural acima de 600 m;
- Lagos e lagoas naturais.

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) foram utilizados nos primeiros trabalhos como fonte de informações, substituindo as curvas de nível tradicionais, datam da década de 1960, na qual, as curvas de nível e pontos cotados dos mapas topográficos tradicionais eram digitalizados e interpolados em programas primários na formação das matrizes com as elevações, informação de longitude, latitude e elevação dos MDEs (PEUCKER; DOUGLAS, 1975; MARK, 1984).

Entretanto, as informações geomorfológicas/hidrológicas a princípio, foram extraídas manualmente utilizando-se dos mesmos mecanismos das cartas topográficas; o que, por sua vez, trazia lentidão ao procedimento, além de imprecisão. Tanto o trabalho da digitalização das informações, quanto o processo de extração eram manuais, a qualidade do trabalho relacionava-se diretamente à capacidade de análise do pesquisador que extraísse as informações (MARK, 1984; LINDSAY; EVANS, 2008; MORRIS; HEERDEGEN, 1988).

Os impulsos preliminares para a retirada automática de informações geomorfológicas, são de meados da década de 1970, a partir da criação da matriz de dados se formulava algoritmos para a identificação automática de elementos da paisagem e dados morfométricos (JOHNSTON; ROSENFELD, 1975; PEUCKER; DOUGLAS, 1975; TORIWAKI; FUKUMURA, 1978; ENGELEN; HUYBRECHTS, 1981).

Johnston e Rosenfeld (1975) possuíram a extração automática de alguns elementos, tais como: picos, depressões, cristas e ravinas; Peucker e Douglas (1975), por



sua vez, para/além dessas métricas, dão ênfase ao fluxo de água, e a declividade, possibilitando a delimitação das curvas de nível e da drenagem.

Toriwaki e Fukurama (1978) ao aprimorarem os métodos e algoritmos existentes de extração automática, através da identificação das áreas de encosta. Engelen e Huybrechts (1981) surgem com um algoritmo para classificar a declividade em áreas homogêneas. A preocupação, posteriormente, vinculou-se à delimitação de bacia hidrográfica (MARKS; DOZIER; FREW, 1984; BAND, 1986; MARTZ; JONG, 1988) e a extração da drenagem (MARK, 1984; O'CALLAGHAN; MARK, 1984), o que ocasionou um aperfeiçoamento dos métodos aplicados.

A evolução tecnológica possibilitou uma variedade de dados para adquirir, além do processamento, armazenamento e aplicação (DRUZINA; SOUZA, 2010), contribuindo ao aprimoramento dos métodos manuais por automáticos (MEDEIROS; FERREIRA, et al.; FERREIRA, et al. 2009).

Em relação a extração da drenagem o método topográfico de Peucker e Douglas (1975) e Montgomery e Dietrich (1989), tendo em vista a curvatura topográfica, preterido em relação aos métodos de cunho hidrológico (STROBL; FORTE, 2007), embasados na acumulação de corrente que ao chegar em uma fronteira específica, se tornaria um processo fluvial especificado, o início do canal (MARK, 1984; DIETRICH et al., 1992).

O'Callaghan e Mark (1984) estabeleceram um mecanismo hidrológico para extração, tendo como fundamento o preenchimento de depressões, definição da direção de fluxo, cálculo de acumulo de fluxo e extração da drenagem.

Foram usados modelos digitais de elevação na geração automática de um shapefile da hidrografia da área estudada que serviu como referência da representação rede de drenagem e foi usada como base na confecção manual.

O modelo digital de elevação (MDE) foi adquirido diretamente do portal do projeto TOPODATA (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>) e o mesmo foi usado para geração de insumos que auxiliaram na geração da hidrografia.

Os insumos foram inseridos no software QGIS 3.10, bem como as imagens RapidEye e Sentinel e fazendo uso das ferramentas de criação e edição de feições foi realizada a vetorização manual da rede de drenagem com base na interpretação visual das imagens.

### **3.4 Execução do cadastro e retificação dos assentamentos de reforma agrária**

Uma vez concluídos as bases de dados de drenagem e cobertura e uso do solo, eram analisados os cadastros realizados na plataforma do CAR, identificando assim, ou não, inconsistências nos cadastros.

Nos casos dos assentamentos os quais os cadastros e retificações foram realizados no módulo do SICAR Federal ou até mesmo SICAR Estadual com customizações, as seguintes etapas foram necessárias:

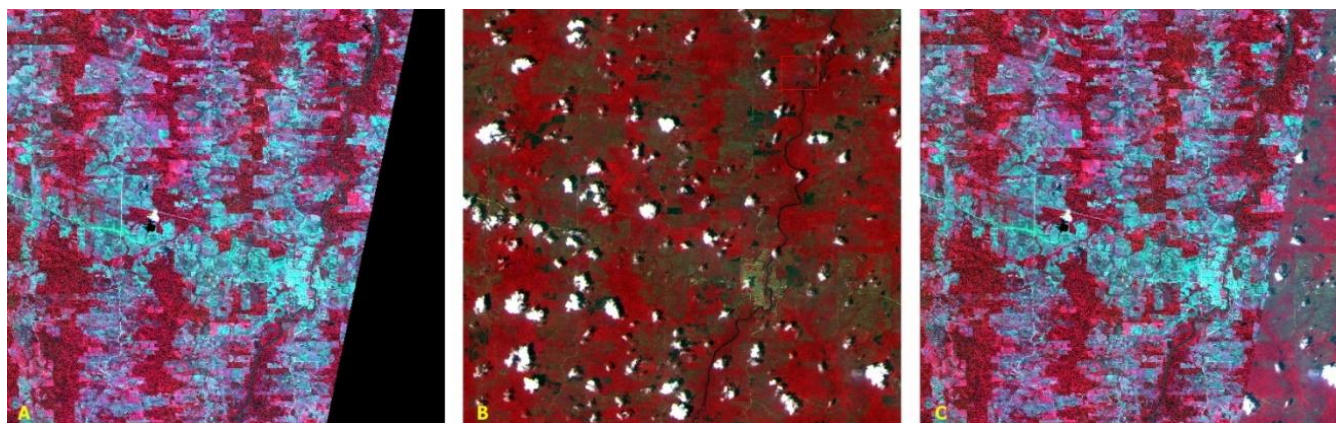
- 1) Entrada no Módulo de Cadastro *Off-line* para a retificação do arquivo \*.CAR previamente cadastrado;
- 2) Geração de um novo arquivo \*.CAR, o qual contém novas informações;
- 3) Entrada na Central do Proprietário/ Possuidor *On-line*;
- 4) Busca do imóvel (assentamento) que deseja-se retificar;
- 5) Envio do novo arquivo \*.CAR retificado na “ABA” “Retificação”.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Aquisição e pré-processamento de imagens obtidas por sensoriamento remoto**

O resultado do mosaico feito por imagens RapidEye pode ser visto na Figura 1 abaixo, onde na imagem A faltava informação de uma parte da imagem e na imagem B boa parte dela era composta por nuvens, precisou-se fazer a junção das duas (mosaico) resultando numa imagem (C) que permitia melhor visualização da cena.

**Figura 1:** Mosaico RapidEye (C), composto pelas imagens A e B.

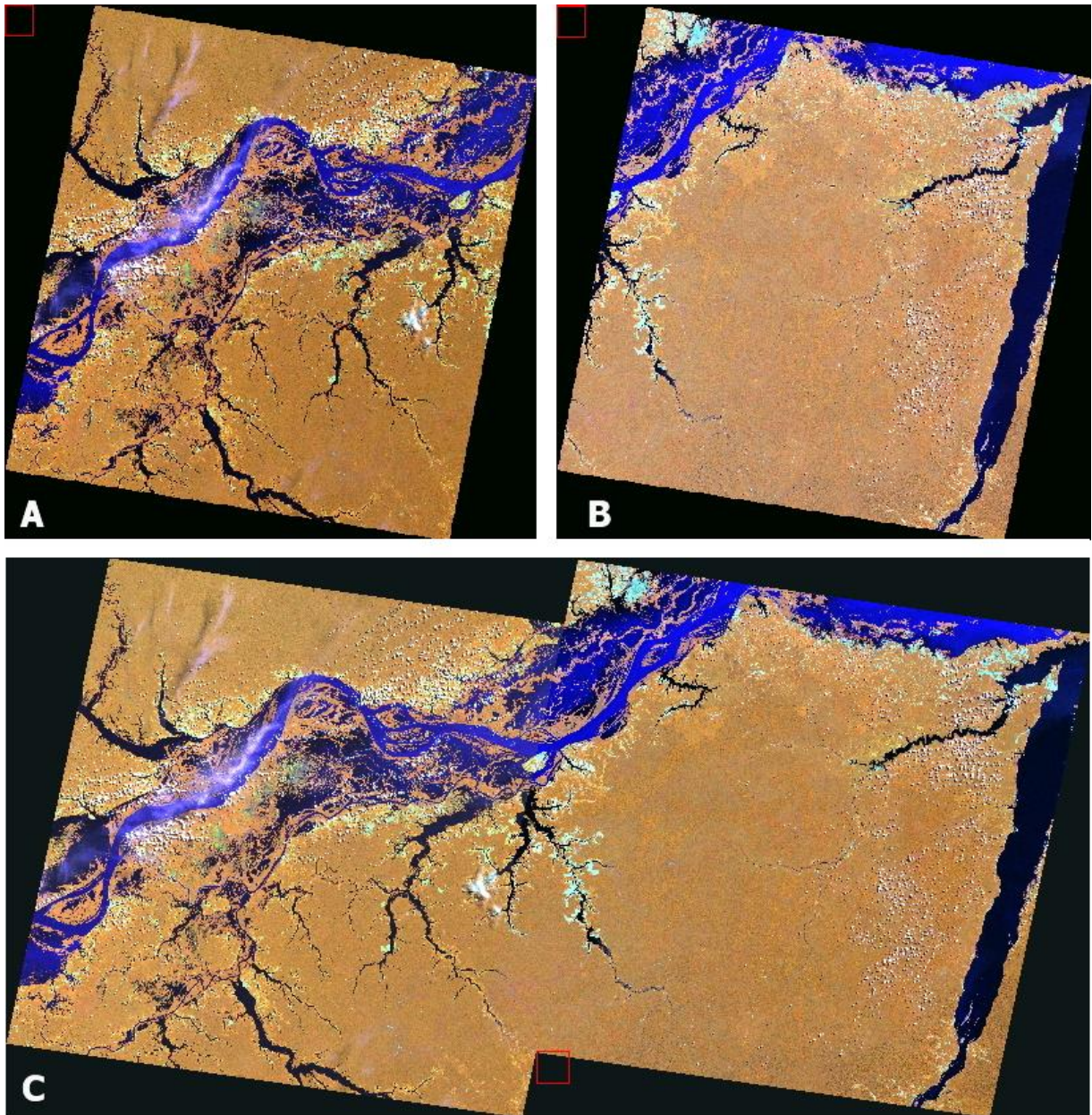


**Fonte:** Do autor, 2020.

Outro tipo de mosaico necessário foi entre Landsats, nos quais parte da RapidEye correspondente estava em uma imagem e a outra parte em outra. Portanto, o produto gerado entre estas duas Landsats correspondiam a uma só imagem RapidEye, como mostra a Figura 2, a seguir.



**Figura 2** - Mosaico Landsat (C), composto pelas imagens A e B. Imagens na falsa cor R=5; G=4;B=3.

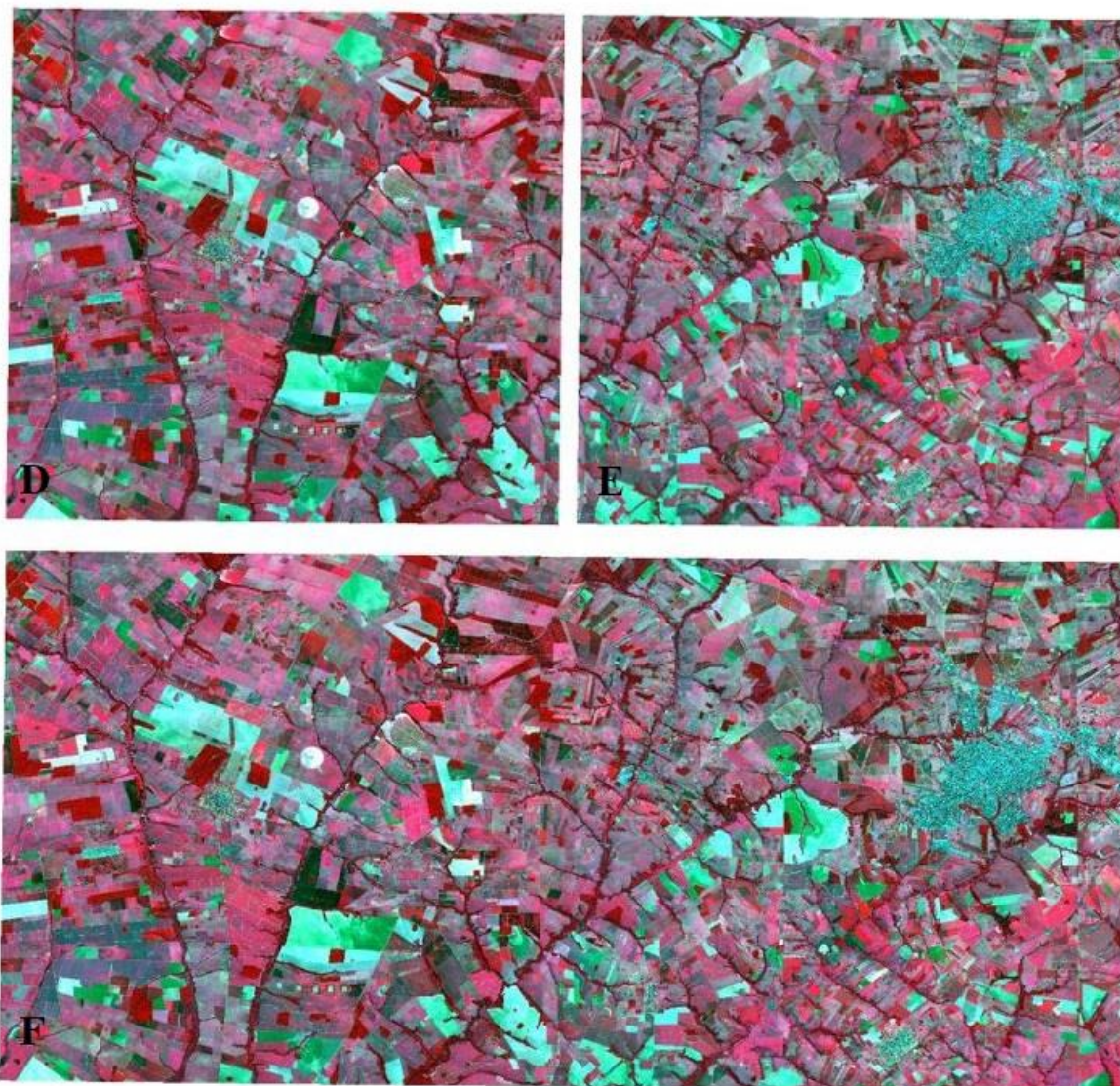


**Fonte:** Do autor, 2020.

Bem como no mosaico de imagens Sentinel, apresentado na Figura 3, onde foram unidas duas imagens (D e) gerando uma imagem (F) com maior área para interpretar.



**Figura 3** – Mosaico Sentinel (F), composto pelas imagens D e E. Imagens na falsa cor R=8, G=4, B=3.



**Fonte:** Do autor, 2020.

#### **4.2 Mapeamento do uso e ocupação do solo**

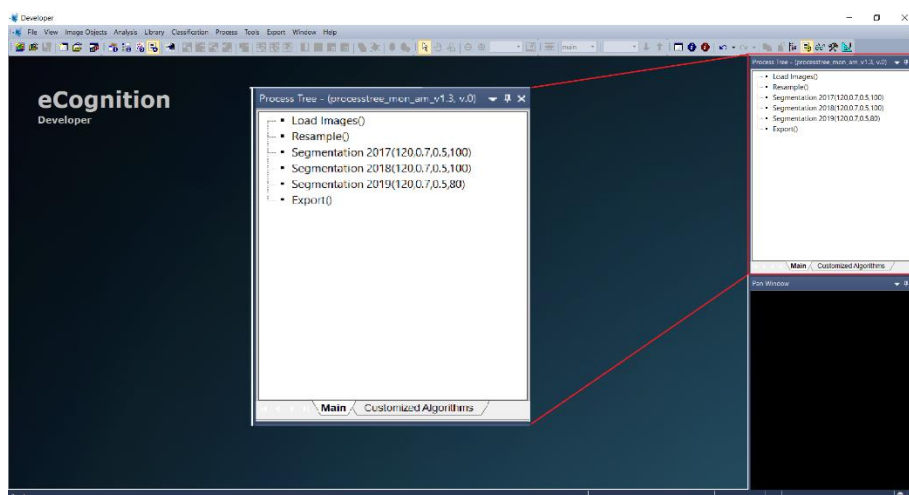
No projeto apresentado foi mapeado em cada ano de análise as seguintes classes de uso e cobertura do solo.

- Água,
- Apicum Salgado,
- Área Antropizada 2008-2016,
- Area Antropizada 2016-2017,
- Area Antropizada 2017-2018,
- Área Urbana,

- Indício de Regeneração 2008-2016,
- Indício de Regeneração 2016-2018,
- Mangue,
- Nuvens,
- Restinga,
- Uso Consolidado,
- Vegetação Nativa,
- Vereda.

A árvore de processos usada no mapeamento é apresentada na figura abaixo, ela nada mais é que um lista de automatização de processos criado através de algoritmos, como reamostragem e segmentação, no o programa executa as feições feitas no monitoramento. A qualquer momento podem ser criados novos processos de aperfeiçoamento os quais podem ser inseridos na árvore.

**Figura 4** – Árvore de Processos usada no software eCognition



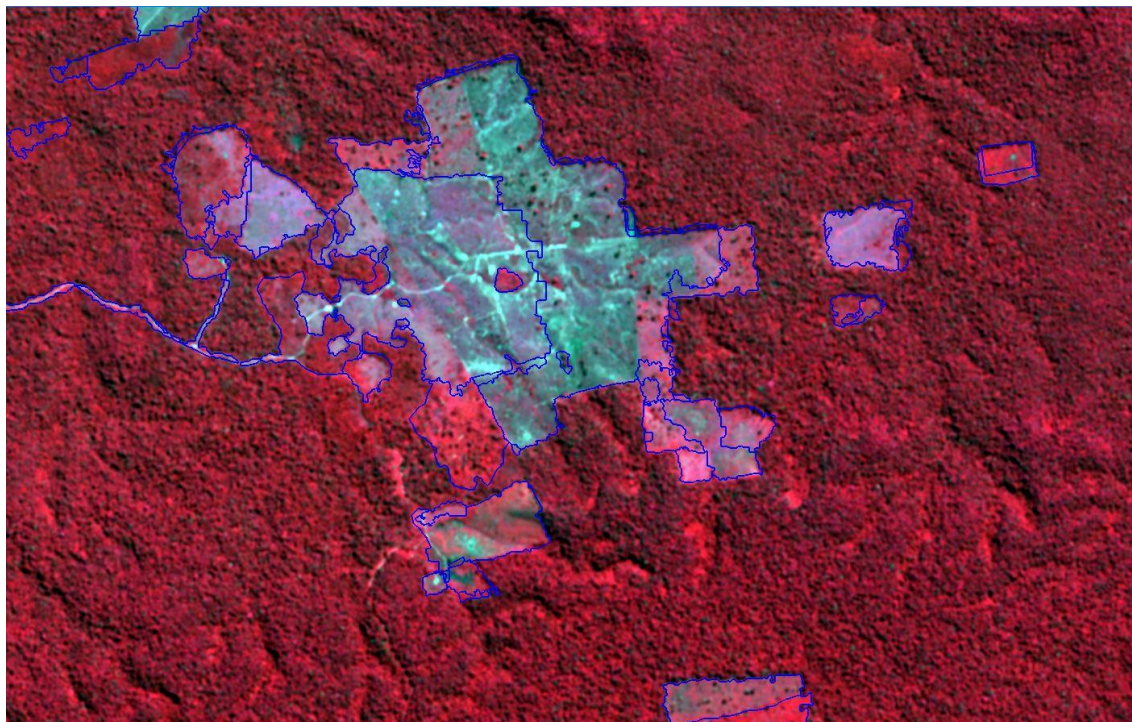
**Fonte:** Do autor, 2020.

Após inserida a árvore de processos e os insumos, a segmentação foi o primeiro processo a ser realizado.

A segmentação de imagens é um processo preliminar a classificação orientada ao objeto, sendo aplicada principalmente em imagens de alta resolução espacial gerando melhor acurácia e distinção dos objetos na etapa de classificação (FERNANDES; NUNES; SILVA, 2012; YAN et al., 2006)



**Figura 5** – Resultado obtido após o processo de segmentação em imagem Sentinel-2



**Fonte:** Do autor, 2020.

Parâmetros como cor, forma, compacidade, textura e contexto são inseridos como intérpretes de uma imagem na classificação orientada ao objeto, resultando no aumento da acuracidade global (CAMPOS; LINGNAU, 2003; PINHO, 2005).

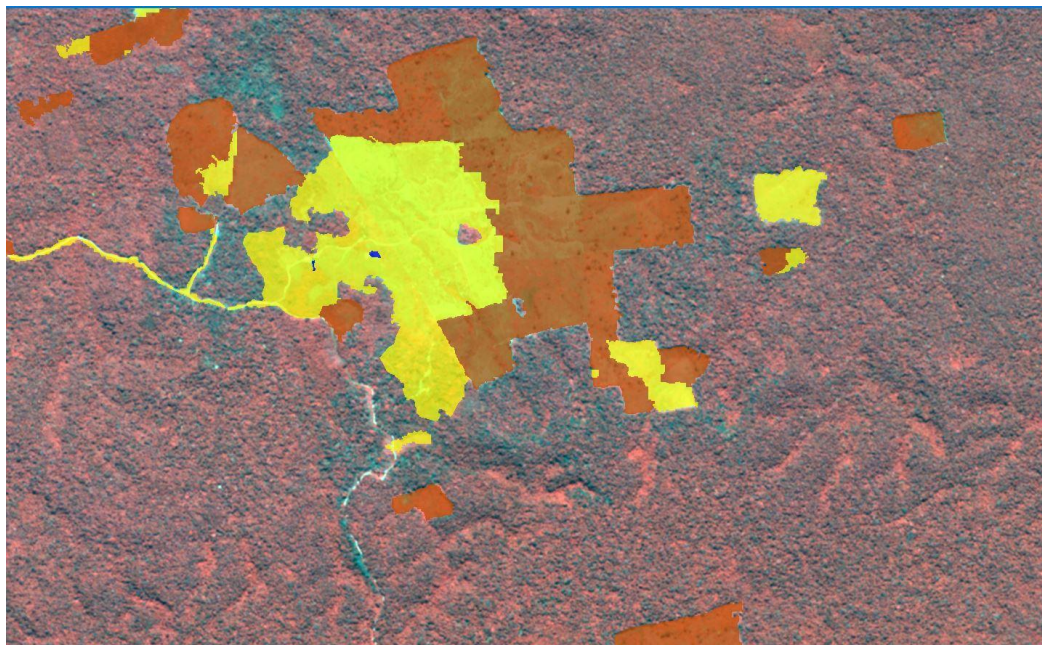
A classificação orientada ao objeto surgiu como instrumento de melhoria da classificação de imagens, reduzindo as edições e fornecendo informações geográficas imediatamente utilizáveis, sendo um avanço do sensoriamento remoto eficiente no mapeamento dos objetos da superfície terrestre (CROSS; MASON; DURY, 1988; LUZ; ANTUNES; JÚNIOR, 2010).

Atualmente a abordagem baseada em objetos tem se tornando cada vez mais usual e eficaz na análise de modificações da paisagem (PINHO, 2005). A detecção de mudanças baseada em objetos é uma avaliação rápida e precisa, sendo utilizada em diversos contextos, Silveira et al. (2017) comprovaram a eficácia no mapeamento das mudanças após o desastre ambiental em Mariana, Minas Gerais, numa análise baseada em objetos.

Usando a base de apoio corrigida - classificação do CAR no ano de 2008 e as imagens Landsat 2008 foi gerada a classificação base do estudo, identificando as áreas de Uso Consolidado e áreas de Remanescentes de Vegetação Nativa. Com intuito de seguir com análise temporal da temática do uso e cobertura do solo foram analisados ano a ano

nas imagens Sentinel a ocorrência de possíveis desmatamentos em áreas nativas no ano de 2008, assim como também possíveis áreas que se regeneraram entre 2008-2018, o resultado pode ser visto nas figuras abaixo.

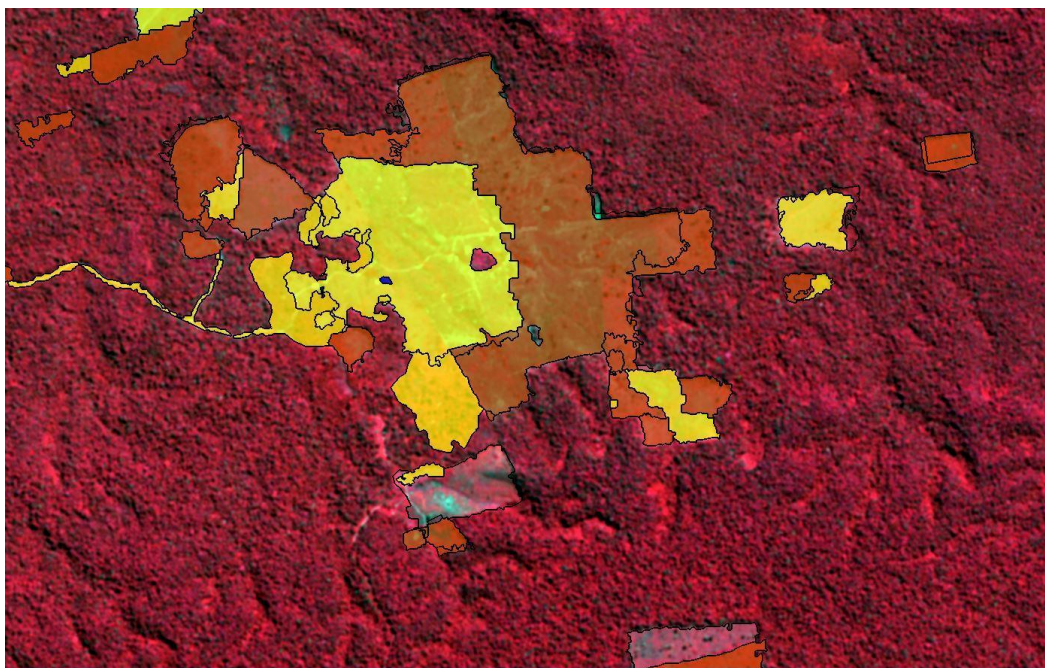
**Figura 6** – Classificação do mapeamento base do CAR em imagem Landsat de 2008. As áreas de Uso Consolidado estão representadas pela cor amarela, enquanto as áreas de Vegetação Nativa Removida entre 2008 e 2017 estão representadas pela cor laranja. Imagem na falsa cor R=5, G=4, B=3.



**Fonte:** Do autor, 2020.

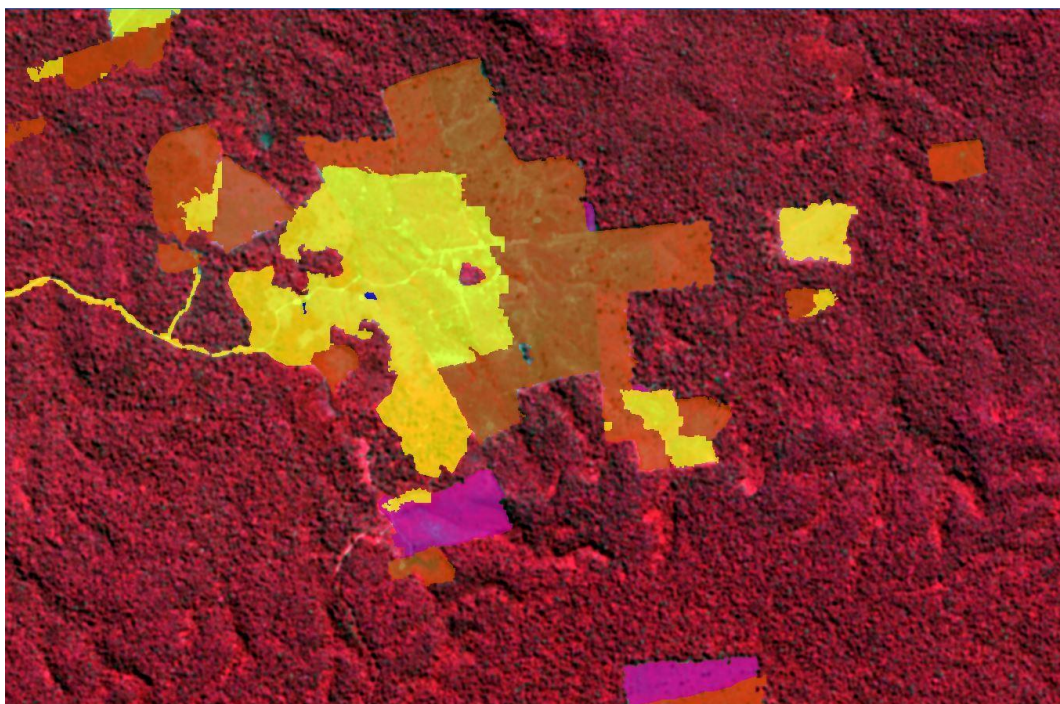


**Figura 7** - As áreas com contorno preto e sem preenchimento representam novos objetos segmentados na imagem Sentinel-2 do ano de 2018. As áreas de Uso Consolidado estão representadas pela cor amarela, enquanto a Vegetação Nativa Removida entre 2008 e 2017 estão representadas pela cor laranja



**Fonte:** Do autor, 2020.

**Figura 8** - As áreas desmatadas no ano de 2018 foram detectadas e estão representadas pela cor roxa. As áreas de Uso Consolidado estão representadas pela cor amarela, enquanto a Vegetação Nativa Removida entre 2008 e 2017 estão representadas pela cor laranja.



**Fonte:** Do autor, 2020.

Usando esta metodologia foi possível mapear, e classificar a ocupação e os usos do solo, através das imagens *Landsat*, *RapidEye* e *Sentinel*, identificando o uso da área em 2008 e a atual situação em 2018, além de quantificar os desmatamentos mapeados no período de interesse na análise temporal. O mapeamento das propriedades do Brasil no ano base, 2008 e situação atual da área no ano de 2018 permite que os órgãos públicos tenham dados precisos dos desmatamentos gerados além de possuir informações que subsidiem a tomada de decisão no que tange a conservação e uso sustentável dos ecossistemas.

Então, sabemos que mesmo com o avanço de técnicas inovadoras que melhoram a precisão das classificações faz-se necessário um entendimento do contexto da paisagem, principalmente em áreas heterogêneas, sendo a associação da interpretação visual com os classificadores automáticos imprescindíveis na busca melhores precisões (SHALABY; TATEISHI, 2007).

#### **4.3 Extração da base hidrográfica a partir das imagens RapidEye 2011 e Sentinel 2017/ 2018**

A hidrografia é representada pelas geometrias nos formatos ponto, linha e polígono. Na **Tabela 1** temos a descrição dessas feições e o tipo de geometria utilizado nos Sistemas de Cadastro Ambiental Rural.

**Tabela 1** - Hidrografias a serem identificadas na inscrição do CAR.

<b>Descrição da hidrografia</b>	<b>Geometria</b>
<b>Nascente</b>	Ponto
<b>Curso d'água natural até 10 metros</b>	Linha
<b>Curso d'água natural de 10 a 50m</b>	Polígono
<b>Curso d'água natural de 50 a 200m</b>	Polígono
<b>Curso d'água natural de 200 a 600m</b>	Polígono
<b>Curso d'água natural acima de 600m</b>	Polígono
<b>Lagos e Lagoas</b>	Polígono

**Fonte:** Do autor, 2020.



Na **Figura 9** temos um exemplo de como é vetorizado um rio de até 10 metros de largura, representado por linha.

**Figura 9** – Resultado da vetorização de um rio de até 10 metros de largura. Composição cor verdadeira R=3; B=2; B=1.



**Fonte:** Do autor, 2020.

Os rios com largura entre 10 a 50 metros, 50 a 200 metros, 200 a 600 metros e acima de 600 metros são representados por polígonos, esses também são vetorizados. Na **Figura 10** é mostrado um exemplo de um rio com largura média de 37 metros, sendo assim, enquadra-se num curso d'água de 10 a 50 metros.

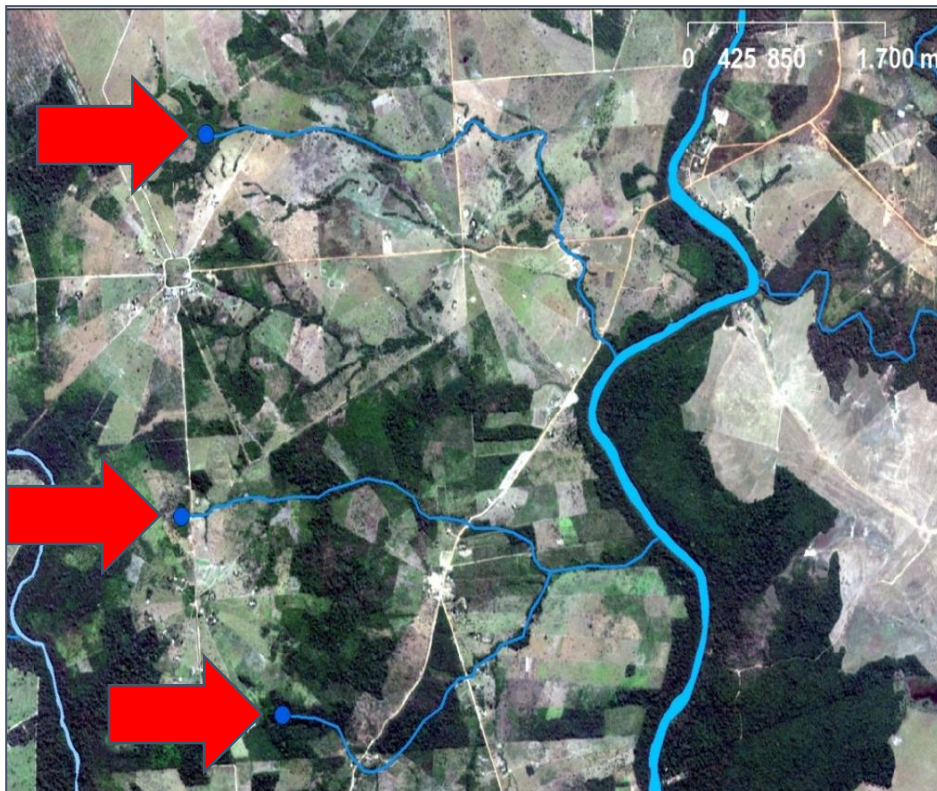
**Figura 10** - Resultado da vetorização de um rio de 10 a 50 metros de largura. Composição cor verdadeira R=3; B=2; B=1.



**Fonte:** Do autor, 2020.

As nascentes são representadas por pontos, sendo esses pontos a extremidade de um rio menor que 10 metros, ou seja, a nascente abastece um rio menor, que por sua vez abastece um rio maior e assim por diante. Na **Figura 11** temos um exemplo de algumas nascentes (pontos).

**Figura 11** - Representação de nascentes. Composição cor verdadeira R=3; B=2; B=1.



**Fonte:** Do autor, 2020.

Dessa forma, aplicando essa metodologia apresentada tem sido possível reconhecer as nascentes, os rios, os lagos e lagoas de cada região, extraindo assim as bases hidrográficas que serão usadas para geração de APP e enquadrá-las no padrão solicitado pela plataforma do Cadastro Ambiental Rural.

#### **4.4 Execução do cadastro e retificação dos assentamentos de reforma agrária**

Para todos os assentamentos de reforma agrária, após a extração das feições de cobertura e uso do solo atualizadas e da correção das bases hidrográficas, foram executados os processos de cadastro e retificação.



Para a retificação de qualquer cadastro de assentamento, foi necessário a equipe da UFLA - Zetta obter o arquivo \*.CAR previamente cadastrado e entrar no módulo de ‘Retificação’ no sistema de cadastro *Off-line* do SICAR Federal ou SICAR Estadual customizado, como observado na **Figura 12**.

**Figura 12** - Módulo de retificação de cadastros do SICAR.



**Fonte:** Módulo do Cadastro Ambiental Rural (CAR), 2020.

A partir desta etapa, substituiu-se as informações tanto documentais como as feições de cobertura e uso do solo e base hidrográfica de cada assentamento, gerando-se um novo arquivo \*.CAR retificado.

Com esse novo arquivo, entrou-se na Central do Proprietário/ Possuidor (**Figura 13**) de cada Superintendência Regional (**Figura 14**), para o envio do cadastro retificado.

**Figura 13** - Central do Proprietário/ Possuidor do SICAR.

The screenshot shows the SICAR (Sistema de Cadastro Ambiental Rural) interface. At the top left is the CAR logo (Cadastro Ambiental Rural) and at the top right is the 'Acessar intranet' link. A green navigation bar contains the following menu items: INICIAL (with sub-items 'Seja Bem-vindo!'), SOBRE, BAIXAR, ENVIAR, RETIFICAR, CONSULTAR, CONTATOS, ATENDIMENTO, and CONSULTA PÚBLICA. The main content area is titled 'Central do Proprietário/Possuidor:' and is divided into two columns. The left column is for users who already have a registration ('Já tenho cadastro:') and includes input fields for 'CPF / CNPJ' and 'Senha', with a 'Recuperar Senha' link and an 'Acessar' button. The right column is for users who do not have a registration ('Não tenho cadastro:') and includes input fields for 'Informe o Número do Recibo:' (with a sample number: UF-1302405-E6D3.395B.6D27.4F42.AE22.DD56.987C.DD52) and 'Informe o CPF / CNPJ:', with a 'Criar Cadastro' button. A note below the right column states: 'Realize o cadastro e acompanhe as mensagens e notificações relacionadas aos imóveis cadastrados em seu CPF / CNPJ:'.

**Fonte:** Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), 2020.

**Figura 14** - Central logada com informações da SR do INCRA.

The screenshot shows the SICAR interface after a user has logged in. The CAR logo is on the top left. On the top right, the text 'INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA' is displayed above 'Proprietário Possuidor', next to a small profile picture and a 'Sair' button. The main content area features a large blue envelope icon on a white background, with a green button below it labeled 'Central do Proprietário / Possuidor'. At the bottom left, there are logos for 'SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO', 'MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE', and 'INCRA'. At the bottom right, the text reads 'SICAR - Sistema de Cadastro Ambiental Rural' and 'Módulo de Gestão de Acesso v3.0.0'.

**Fonte:** Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), 2020.

A partir da entrada na Central, fez necessário realizar uma busca pelo imóvel já cadastrado, que neste caso é o assentamento ou território quilombola, como demonstrado na **Figura 15**. A partir dessa busca na central, são mostradas informações relativas ao cadastro já realizado, como pendências em documentos, informações do assentamento e também pendências relativas à análise realizada pela Secretaria de Meio Ambiente do estado onde se encontra o imóvel.

**Figura 15** - Busca do assentamento que deseja ser realizada a retificação ou resolução de pendências.

**Página Inicial**

PA JUNCO - (Formosa/GO)  
GO-5208004-2001A03FE2F6472C86CA86DAE2DED6FB  
[Alterar Imóvel Selecionado](#)

**Bases de Referência** **Baixar o arquivo .CAR** **Detalhes do Imóvel** **Recibo de Inscrição**

**Retificação do cadastro**  
Aguardando retificação do cadastro para atendimento da notificação **Atender »**

**Envio de documentos**  
Aguardando o envio de 2 documento(s) para atendimento da notificação **Atender »**

**Atendimento a outras restrições**  
Aguardando o atendimento de 1 inconsistência(s) relacionadas a outras restrições **Atender »**

Serviço Florestal Brasileiro | MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE | Sistema de Cadastro Ambiental Rural Central do proprietário/possuidor (v1.9.1)

**Fonte:** Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), 2020.

Após encontrar o assentamento ou território quilombola na Central, usou-se a “ABA” “Retificação” para a efetiva retificação das informações cadastradas, como demonstrado na **Figura 16**. Com isso fizemos o envio das novas informações e automaticamente, algumas das pendências existentes na análise dos assentamentos, são supridas.

**Figura 16** - Envio da retificação do cadastro do assentamento.

**Retificação**

Foi identificada a necessidade de retificação do cadastro para atendimento da notificação. Você pode enviar seu .CAR retificado ou caso o mesmo não se faça necessário, informe a justificativa para prosseguir com o atendimento da notificação.

**O que você deseja fazer?**

Retificar cadastro

Enviar justificativa para não retificação

**Retificar cadastro**

Envie sua retificação\*:

**Instruções para envio ou retificação do CAR:**

1. Após realizar o cadastro ou retificação do Imóvel Rural através do **Módulo de Cadastro**, o sistema gera um arquivo com a extensão ".car"
2. Armazene o arquivo para realizar o envio.
3. Realize o envio do arquivo .CAR utilizando a ferramenta ao lado.
4. Verifique se o arquivo selecionado está correto.
5. Digite o captcha abaixo para autenticação.
6. Acesse o botão "Enviar CAR". Após o envio, em caso de sucesso, você receberá uma mensagem confirmando o envio/retificação e o recibo para salvar ou imprimir.

**Fonte:** Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), 2020.

Para a retificação dos assentamentos nos Módulos de Cadastro específicos, como o Sistema SEIA-BA (<http://www.sistema.seia.ba.gov.br/>), o IMASUL-MS (<http://www.imasul.ms.gov.br>), e o SIGCAR-TO (<http://site.sigcar.com.br/tocantins>), foram realizadas nos próprios módulos de cadastro *On-line*, por não possuírem um módulo de retificação como no SICAR.

As retificações foram realizadas entrando nos sistemas e substituindo as informações antigas, e já cadastradas, por novas informações.

No CAR são utilizadas coordenadas geográficas obtidas através de imagens de satélites de alta resolução espacial ou coletadas por GPS (Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global) para delimitação do imóvel rural e desta forma pode-se considerar como fundamento do Cadastro o georreferenciamento do imóvel rural (MMA, 2014).

O Ministério do Meio Ambiente, disponibiliza imagens orbitais, adquiridas pelos satélites RapidEye para apoiar a obtenção das informações geoespaciais temáticas relacionadas ao Programa de Regularização Ambiental. A partir do cruzamento das informações declaradas no CAR pelos proprietários rurais e o monitoramento das



imagens de satélites será possível saber se uma área está regularizada ou não (MMA, 2012).

Com o auxílio das ferramentas SIG fica mais fácil fazer o controle e a gestão de qualquer local do mapa, sem a necessidade do deslocamento “in loco” para a validação das informações declaradas no cadastro. Mas ressalta-se que essa ferramenta não impede os analistas ambientais irem a loco para checar qualquer informação duvidosa.

## **5. CONCLUSÃO**

O intuito do projeto de geração de uma base de dados para monitoramento do uso do solo brasileiro é aprimorar o planejamento ambiental e econômico, a desenvoltura desse projeto é de suma importância no planejamento estratégico envolvendo uso do solo e recursos naturais. Esse projeto tem como objetivo realizar o mapeamento em todo território brasileiro, contudo concluímos que com o projeto piloto aqui apresentado, podemos demonstrar a eficiência do mapeamento realizado e todas as análises dinâmicas realizadas após esta etapa principal, sendo um apoiador direto na tomada de decisões.

Além do resultado do projeto em sim é fato se ressaltar a importância da experiência profissional desenvolvida em apoio com a agência Zetta, que contabilizou no crescimento pessoal e profissional, lidando com as situações adversas do dia a dia e fazendo parte de um projeto de extrema relevância para o país.

À vista disso, a realização deste estágio tornou-se fundamental para o aprendizado das políticas ambientais, principalmente as contidas no Novo Código Florestal, além de inferir conhecimentos das técnicas e ferramentas de geoprocessamento, as quais subsidiem a correta interpretação dos padrões de uso e ocupação do solo facilitando o monitoramento da superfície da terra em escala temporal e espacial.

## **6. PESQUISAS FUTURAS**

O objetivo para confecção desses dados é compor a base que será usada na plataforma de análise dinamizada do Cadastro Ambiental Rural. O sistema de análise dinamizada é um programa desenvolvido pela Agência Zetta (UFLA), em parceria com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), que vai possibilitar a análise, em grande escala, dos cadastros já realizados. Permitindo assim a revisão das informações declaradas e a verificação da regularidade ambiental das APPs, áreas de Reserva Legal e de Uso

Restrito. O projeto ainda está na fase de testes e as bases de dados tem sido feitas por estado. O objetivo da análise dinamizada é agilizar o processo de conferência dos cadastros, tendo em vista que um funcionário consegue fazer a análise de um cadastro por dia e já foram realizadas mais de 6,5 milhões de inscrições.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, M.A.H.; DEBIASI, P.; SIQUEIRA, J.C. S. Avaliação espectral e geométrica das imagens RapidEye e seu potencial para o mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.66, p.101-113, 2014.
- BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. **Angewandte Geographische Informationsverarbeitung**, v. XII, p. 12–23, 2000.
- BAND, L. E. Topographic partition of watersheds with Digital Elevation Models. **Water Resour.Res.**, Washington, D.C.,v. 22, p. 15-24, 1986.
- CAMPOS, M. A. A.; LINGNAU, C. Classificação orientada a objeto para análise fractal da paisagem na Amazônia. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 a 10 de abril de 2013, INPE**, p. 2023–2025, 2003.
- CROSS, A. M.; MASON, D. C.; DURY, S. J. Segmentation of remotely-sensed images by a split-and-merge process. **International Journal of Remote Sensing**, v. 9, n. 8, p. 1329–1345, 1988.
- CRUZ, C. B. M.; VICENS, R. S.; SEABRA, V.S.; REIS, R. B.; FABER, O. A.; RICHTER, M.; ARNAUT, P. K. E.; ARAÚJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. **Florianópolis: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto: Anais. 2007**, pp.5691-5698.
- DEFINIENS**. The Principles of Definiens Cognition Network Technology. 2010. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em janeiro de 2019.
- DELEGIDO, J.; VERRELST, J.; MEZA, C.M.; RIVERA, J.P.; ALONSO, L.; MORENO, J. A red-edge spectral index for remote sensing estimation of green LAI over agroecosystems. **European Journal of Agronomy**, v.46, p.42-52, 2013.
- DESCLÉE, B.; BOGAERT, P.; DEFOURNY, P. Forest change detection by statistical object-based method. **Remote Sensing of Environment**, v. 102, n. 1–2, p. 1–11, 2006.
- DIETRICH, W. E. et al. Erosion thresholds and land surface morphology. **Geology, Boulder**, v. 20, p. 675-679, 1992.
- DRUZINA, A. G. D. S.; SOUZA, S. F. Geração de um modelo digital de elevação híbrido a partir de dados altimétricos diferentes em tipo e precisão. **Pesquisa, Porto Alegre, RS**, v. 37, n. 3, p. 205-217, 2010.
- ENGELN, G.; HUYBRECHTS, B. A comparison of manual and automated slope maps. **Catena, Amsterdam**,v. 8, p. 239-249, 1981.
- ESA. **European Spatial Agency**. 2018. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>. Acesso em: dezembro de 2020.
- FERREIRA, M.E.; FERREIRA, L.G.; MIZIARA, F. & SOARES-FILHO, B.S. 2013. Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. **Journal of Land Use Science**, 8: 403-421.
- FERNANDES, R. R.; NUNES, G. M.; SILVA, T. S. F. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47,

n. 9, p. 1251–1260, set. 2012.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. **São Paulo: Oficina de textos**. 2008. p.160.

FITZ, P.R. Cartografia Básica. **São Paulo: Oficina de Textos**. 2008. 143p.

FLORENZANO, T.G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. **3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos**. 2011. 128p.

GENELETTI, D.; GORTE, B. G. H. A method for object-oriented land cover classification combining Landsat TM data and aerial photographs. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 6, p. 1273–1286, 2003.

HUSSAIN, M. et al. Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 80, p. 91–106, 2013.

**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Tutorial do Spring. 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/>. Acesso em: dezembro de 2020.

JOHNSTON, E. G.; ROSENFELD, A. Digital detection of pits, peakes, ridges and ravines. **IEEE Trans. Syst. Sci. Cybern., New York**, v. 5, no. 4, p. 472-480, 1975.

LANA, V.M. Unidades de conservação e áreas de preservação permanente: Estudo de caso para a bacia do rio São Francisco. 119 f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa**, 2011.

LINDSAY, J. B.; EVANS, M. G. The influence of elevation error on the morphometrics of channel networks extracted from DEMs and the implications for hydrological modelling. **Hydrol. Process, Chichester**, v. 22, p. 1588-1603, 2008.

MARK, D. M. Automated detection of drainage networks from digital elevation model. **Cartographica, Toronto**, v. 21,no.2/3, p. 168-178, 1984.

MARKS, D.; DOZIER, J.; FREW, J. Automated basin delineation from digital elevation data. **Geoprocessing, in Digital Picture Processing, Journal of the ACM Amsterdam**, v. 2, p. 299-311, 1984.

MARTZ, L. W.; JONG, E. CATCH: a FORTRAN program for measuring catchment area from Digital Elevation Models. **Comput.& Geosci., New York**, v. 14,no.5, p. 627-640, 1988.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Rev.Bras.Cartogr.**, Rio de Janeiro, n. 61, p. 137-151, 2009.

**MMA – Ministério do Meio Ambiente**. Instrução Normativa nº 2, de 05 de maio de 2014. Disponível em: [http://www.lex.com.br/legis\\_25489422](http://www.lex.com.br/legis_25489422) INSTRUCAO NORMATIVA N 2 DE 5 DE MAIO DE 2014. Acesso: dezembro de 2020

**MMA – Ministério do Meio Ambiente**. Projeto de Regularização Ambiental de Imóveis Rurais no Cerrado – CAR-FIP. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/projeto-fip-car>. Acesso: dezembro de 2020

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Source areas, drainage density and channel initiation. **Water Resour. Res., Washington, D.C.**, v. 25, no. 8, p. 1907-1918, 1989.

- MORRIS, D. G.; HEERDEGEN, R. G. Automatically derived catchment boundaries and channel networks and their hydrological applications. **Geomorphology, Amsterdam**, v. 1, p. 131-141, 1988.
- MULDER, V.L.; BRUIN, S. de; SCHAEPMAN, M.E.; MAYR, T.R. The use of remote sensing in soil and terrain mapping: a review. **Geoderma**, v.162, p.1-19, 2011.
- O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from elevation data. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing, ScienceDirect, Elsevier B. V, Amsterdam**, v. 28, p. 323-344, 1984.
- PEUCKER, T. K.; DOUGLAS, D. H. Detection of surface specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data. **Comput.Graph.Image Process., New York**, v. 4, p. 375-387, 1975.
- PEUCKER, T. K.; DOUGLAS, D. H. Detection of surface specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data. **Comput. Graph. Image Process., New York**, v. 4, p. 375-387, 1975.
- PINHO, C. DE. Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos. 2005. 180 p. **Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos, 2005.
- POGGIO, L.; GIMONA, A.; BREWER, M.J. Regional scale mapping of soil properties and their uncertainty with a large number of satellite-derived covariates. **Geoderma**, v.209-210, p.1- 14, 2013.
- RAMOELO, A.; SKIDMOREB, A.K.; CHO, M.A.; SCHLERF, M.; MATHIEU, R.; HEITKÖNIGD, I.M.A. Regional estimation of savanna grass nitrogen using the red-edge band of the spaceborne RapidEye sensor. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.19, p.151-162, 2012.
- SCHUSTER, C.; FÖRSTER, M.; KLEINSCHMIT, B. Testing the red edge channel for improving land-use classifications based on high-resolution multi-spectral satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v.33, p.5583-5599, 2012.
- SFB – Serviço Florestal Brasileiro**. O que é o CAR. 2016. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/o-que-e-o-car>. Acesso em: dezembro de 2020.
- SILVEIRA, E. M. DE O. et al. Object-based change detection using semivariogram indices derived from NDVI images: The environmental disaster in Mariana, Brazil Detecção de mudanças baseada em objetos utilizando índices do semivariograma derivados de imagens NDVI: O desastre ambiental . **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 5, p. 554–564, 2017.
- STROBL, R. O.; FORTE, F. Artificial neural network exploration of the influential factors in drainage network derivation. **Hydrol. Process., Chichester**, v. 21, p. 2965-2978, 2007.
- TONELI, C.A.Z. *et al.* Utilização das imagens Landsat TM nas épocas de verão e inverno para classificação de diferentes formações vegetais. In: **XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009. *Anais...* INPE, 2009. p. 3127-3134.

TORIWAKI, J. I.; FUKUMURA, T. Extraction of structural information from grey pictures. *Comput. Graph. Image Process.*, New York,, v. 7, p. 30-51, 1978.

**USGS/NASA. United States Geological Survey/National Aeronautics and Space Administration.** Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/sentinel-2a-launches-ourcompliments-our-complements/> Acesso em: dezembro de 2020.

VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 9ª Edição.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2012, pp.111-145.

YAN, G. et al. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches - A case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 18, p. 4039–4055, 2006.