



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Análise comparativa de dados RapidEye e dados RPA para o Cadastro Ambiental Rural (CAR)

Estudante: João Roberto Zolet Pereira, Matrícula: 11/0124464

Orientador: Prof. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília- DF, 03 de dezembro de 2018



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

Análise comparativa de dados RapidEye e dados RPA para o Cadastro Ambiental Rural (CAR)

Estudante: João Roberto Zolet Pereira

Matrícula: 11/0124464

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'E. Trondoli', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (Orientador)

Universidade de Brasília -UnB

Departamento de Engenharia Florestal

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Fabrícia Menez Mota', written over a horizontal line.

Profa. Dra. Fabrícia Conceição Menez Mota

Universidade de Brasília -UnB

Membro da Banca

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Renan Augusto Miranda Matias', written over a horizontal line.

MSc. Renan Augusto Miranda Matias

Universidade de Brasília - UnB

Membro da Banca

Brasília-DF, 03 de dezembro de 2018.

Agradecimentos

Aos meus pais, pelo incentivo à leitura e ao conhecimento, e por todos os ensinamentos e suporte que proporcionaram.

Ao meu orientador, Eraldo, pelos ensinamentos, disponibilidade e bom humor, tornando o processo mais agradável.

Aos meus irmãos e familiares, pela amizade e apoio.

A Débora, pelo afeto e apoio.

Ao amigo e proprietário do sítio estudado, o agrônomo Marcelo Nicolini por disponibilizar a propriedade e as informações necessárias para o trabalho.

Ao amigo, o cientista ambiental Matheus Bandeira, por disponibilizar dados necessários ao trabalho.

A todos os meus amigos, pelo apoio, companheirismo e ensinamentos.

A Universidade de Brasília, pela oportunidade de formação acadêmica.

Resumo

O cadastro ambiental rural (CAR) ocupa um importante papel na regulamentação dos imóveis rurais e preservação da vegetação nativa. Através do banco de dados do CAR é possível monitorar e combater o desmatamento ilegal promovendo a demarcação de reservas legais e áreas de preservação permanente ou solicitando a recuperação das mesmas. Nesse contexto, o trabalho em questão, visa avaliar a acurácia da classificação do uso do solo de um imóvel rural, localizado na região da Fercal-DF, utilizando uma imagem RapidEye, com resolução espacial de 5 m. A avaliação foi feita através de uma análise comparativa com uma classificação, tida como referência, que utilizou uma ortofoto, com resolução espacial de 5 cm, produzida por uma aeronave remotamente pilotada (RPA - *Remotely Piloted Aircraft*) ou Drone, como é popularmente conhecido. A análise indicou, através de uma matriz de confusão ou matriz de erros, um índice de exatidão global de 93,5% e um coeficiente Kappa de 0,82. Ambos os resultados da matriz de confusão são considerados excelentes índices. Entretanto, a Área de Preservação Permanente (APP) não foi identificada na classificação do banco de dados RapidEye, o que aumentaria os erros de omissão da classe APP. Assim, o presente estudo mostrou que a imagem do banco de dados RapidEye foi parcialmente suficiente para uma classificação do uso da terra da propriedade pois não permitiu a identificação dos corpos d'água e, conseqüentemente, das APPs. A utilização dos dados adquiridos com o uso de uma RPA permitiu uma classificação exata do uso da terra da propriedade, podendo ser utilizadas em atividades de planejamento do uso e manejo do solo de propriedades rurais em pequena escala.

Palavras-chave: geoprocessamento, matriz de confusão, Aeronave Pilotada Remotamente (RPA)

Abstract

The Rural Environmental Register (CAR) plays an important role in the land use regulation of the rural properties and environment conservation. Based on the CAR database, it is possible to monitor and curb illegal deforestation by controlling the limits of legal reserves and Permanent Preservation Areas and by indicating areas that need to be recovered. Based on it, this study aimed to assess the accuracy of the land use and land cover classification of a small farm spatially located in the Fercal municipality – Federal District (DF), by using a RapidEye image, with 5-meter spatial resolution. The accuracy assessment was conducted by applying a comparative analysis of a classification based on RapidEye image and an image mosaic, with 0.25-meter spatial resolution, acquired using a Remotely Piloted Aircraft (RPA). In this analysis, I estimated that the overall accuracy of land use classification based on RapidEye image was 93.5% and a Kappa coefficient of 0.82, which are considered an excellent image classification approach. However, a Permanent Preservation Area (APP) was not classified by using the RapidEye image, which increased the omission error of the APP class. This study showed that the RapidEye image was partially enough for an accurate classification because it did not allow to detect and classify the water bodies and, consequently, the APPs. The classification accuracy based on RapidEye Image increased when applying the RPA dataset, which may be useful to support land use planning and management activities.

Keywords: geoprocessing, confusion matrix, Remotely Piloted Aircraft.

Sumário

1. Introdução.....	3
2. Problema de pesquisa	4
2.1 Questões de pesquisa	5
3. Objetivos.....	5
3.1 Objetivo Geral.....	5
3.2 Objetivos específicos	6
4. Justificativa.....	6
5. Revisão Bibliográfica	7
5.1 Cadastro Ambiental Rural	7
5.2 Geoprocessamento e sensoriamento remoto.....	8
5.3 Aeronaves remotamente pilotadas	9
5.4 Avaliação de acurácia de mapeamentos	10
6. Metodologia.....	10
6.1 Caracterização da área de estudo	10
6.2 Histórico da propriedade.....	11
6.3 Caracterização da RPA utilizada	11
6.4 Coleta e processamento dos dados.....	12
6.5 Mapas de classificação do uso do solo	13
7. Resultados e Discussão.....	15
7.1. Classificação da Base de dados RapidEye.....	15
7.2 Classificação da Base de dados RPA.....	16
7.3 Análise comparativa	18
7.4 RPAs no planejamento do uso do solo	20
8. Conclusão	22
9. Referências bibliográficas	23

Lista de figuras

Figura 1: Limite e localização do imóvel estudado.	11
Figura 2: Aeronave Pilotada Remotamente (RPA) tipo Phantom IV usada na aquisição de imagens nesta pesquisa.	12
Figura 3: Classificação do uso e cobertura da terra da propriedade de estudo usando imagem RapidEye.	15
Figura 4: Classificação do uso e cobertura da terra da propriedade de estudo usando imagem adquirida com o RPA.	17
Figura 5: Comparação entre as classificações do uso e cobertura da terra feitas com imagem do satélite RapidEye e do mosaico de imagens adquirido com o uso de RPA.	18
Figura 6: Altimetria da propriedade estudada usando dados adquiridos com a RPA. ...	21

Lista de Tabelas

Tabela 1: Comprimento de onda relativo a cada banda. Fonte: Junior & Silva (2014) ...	8
Tabela 2: Desempenho da classificação associada aos valores da estatística Kappa. Fonte: Landis e Kock (1997)	14
Tabela 3: Classes de uso e área respectiva (RapidEye).....	16
Tabela 4: Classes de uso e área respectiva (RPA). Fonte: Autor	17
Tabela 5: Matriz de confusão contendo o número de pixels em cada classe de uso e cobertura da terra feita com o RapidEye (Classificação) comparada com o mosaico de imagens adquiridos com o RPA (Realidade de campo).	19

1. Introdução

O cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e ocupa cerca de 21% do território nacional, ficando atrás somente da Amazônia (KLINK & MACHADO, 2005). O bioma cerrado é considerado um dos *hotspots* mundiais, ou seja, um bioma que possui uma grande biodiversidade e riqueza de espécies (MACHADO et al., 2004). Além disso, o Cerrado brasileiro é considerado a última fronteira agrícola do Brasil (Borlaug, 2002), e está sendo substituído gradativamente por atividades agropastoris convencionais como o cultivo de soja e produção de bovinos (MAZZETO, 2009).

O clima do cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Koppen (ALVARES et al., 2014). Possui uma precipitação média de 1.500 mm anuais, sendo que o período chuvoso costuma durar de outubro a março e o período de seca de abril a setembro. As temperaturas médias do bioma variam entre 22 °C e 27° C (KLINK & MACHADO, 2005).

Observa-se que o Cerrado é considerado, desde a década de 1970, uma fronteira agropecuária permitida, onde a domesticação agrícola e a modernização concentrada foi viabilizada por uma série de pesquisas e iniciativas governamentais (MAZZETO, 2009). A colonização do cerrado pelo agronegócio é o principal agente do desmatamento do bioma. Machado et al. (2004), a partir de um estudo que utilizou imagens do satélite MODIS do ano de 2002, conclui que cerca de 55% do bioma cerrado foram desmatados ou transformado pelas ações antrópicas. Sano et al. (2008) afirma que 40% do bioma foram convertidos em áreas de pastagens, agricultura e urbanização.

O desmatamento do cerrado acarreta uma série de danos ambientais como a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, colonização de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição e uso intensificado de aquíferos, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e modificações climáticas regionais (KLINK & MACHADO, 2005).

Segundo Laudaes et al. (2014) o CAR é uma ferramenta muito importante para auxiliar o planejamento ambiental e econômico, o controle e monitoramento das áreas rurais e a recuperação de áreas degradadas. O CAR é um registro eletrônico obrigatório para todo imóvel rural no Brasil, que objetiva a criação de um banco de dados para monitorar, controlar e combater o desmatamento ilegal e auxiliar o planejamento

ambiental e econômico da propriedade. A partir do CAR, é possível pode integrar as informações obtidas e planejar políticas de conservação (Ministério do Meio Ambiente).

Visando melhorar o processo de obtenção de dados espaciais, aeronaves remotamente pilotadas (RPA - *Remotely Piloted Aircraft*) ou Drones, como são popularmente conhecidos, podem ser aplicados. A utilização de RPAs, nos estudos de sensoriamento remoto, proporcionam, com um baixo custo de aquisição, dados de alta resolução espacial quando comparados a uma aeronave tripulada ou satélite para os mesmos fins (JENSEN, 2009). De acordo com Neto et al. (2017), no âmbito Cadastro Ambiental Rural (CAR), pode-se afirmar que a utilização de ortofotos produzidas por RPAs, servem como instrumento interessante para a tomada de decisão, à medida que fornece informações com clareza (alta resolução espacial/temporal) e qualidade cartográfica.

No presente estudo buscou-se analisar comparativamente os dados de sensores remotos derivados do satélite RapidEye e de sensores instalados em Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPA). Um mosaico de fotos produzido pela RPA, com uma resolução espacial de 0,05 m, foi usada como referência para a avaliação da classificação do uso e cobertura da terra feita utilizando dados da imagem RapidEye, com resolução espacial de 5 m. Os resultados deste estudo poderão indicar as limitações de dados utilizados para a elaboração do CAR e ser referência para definição da acurácia proporcionadas pelos dados que são oficialmente utilizados na preparação das informações de propriedades rurais em todo o Brasil.

2. Problema de pesquisa

O cadastro ambiental rural (CAR) é um registro obrigatório para todos os imóveis rurais no Brasil. Tal programa será responsável pela criação de um banco de dados nacional para controlar e fiscalizar o desmatamento (Ministério do Meio Ambiente). O planejamento da propriedade também é um dos objetivos do cadastro. Segundo Laudares et al. (2014), é possível implementar, a partir das informações do CAR, o monitoramento ambiental e planejar melhor o uso e ocupação das propriedades rurais em todo o Brasil.

A resolução espacial dos dados dos satélites RapidEye utilizados para a produção dos dados para a efetivação do CAR é de 5 metros. O uso de dados com esta resolução

espacial em análises do uso e cobertura da terra podem implicar em um erro admissível de aproximadamente 10 metros.

Devido a limitação da resolução espacial das imagens, certos erros de classificação podem ocorrer no mapeamento das propriedades rurais. Por exemplo, nascentes e corpos d'água podem não ser identificados e, com isso, podem ser objeto de desmatamentos e ocupações irregulares e não detectados e monitorados pelos produtos disponíveis para elaboração do CAR.

A ortofoto utilizada no estudo, gerada pela RPA, possui uma resolução espacial de 0,05 m. As imagens aéreas com a resolução de 0,05 m apresentam alto nível de detalhes que possibilitam maior precisão, nas informações geradas, em relação às imagens produzidas pelo satélite RapidEye. Imagens mais detalhadas significam menos erros de classificação e mapeamento das feições de interesse. O maior nível de detalhes também significa mais precisão na demarcação de reservas legais e áreas de preservação permanente, além de facilitar a identificação de nascentes e corpos d'água, que são feições essenciais para compor o Cadastro Ambiental Rural (CAR).

2.1 Questões de pesquisa

A partir da problemática apresentada anteriormente, foram identificadas algumas questões a serem consideradas neste estudo: A resolução espacial e, conseqüentemente, o nível de detalhes obtidos com as imagens produzidas pela constelação de satélites RapidEye são suficientes para o Cadastro Ambiental Rural (CAR) de pequenas propriedades? Qual o ganho em acurácia do uso de dados de RPAs comparados com o uso de dados do satélite RapidEye? Quais as feições que são detectadas com o uso dos diferentes produtos (RapidEye e RPA)?

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

O presente estudo buscou verificar a acurácia do uso de produtos do satélite RapidEye a partir de dados de referência gerados por uma RPA e verificar a capacidade de identificação de feições de interesse na composição dos dados para o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O objetivo secundário do estudo é sugerir a utilização de dados RPA para atividade relacionadas ao planejamento do uso do solo.

3.2 Objetivos específicos

- Gerar mapas de classificação do uso do solo utilizando duas imagens, sendo uma adquirida pelo satélite RapidEye e outra adquirida por uma RPA.
- Analisar a precisão da classificação da base de dados RapidEye, a partir de dados de referência RPA.
- Verificar as feições de maior relevância para compor as informações do CAR que podem ser identificadas com dados do satélite RapidEye e do RPA.
- Gerar um mapa altimétrico da propriedade através de um modelo de elevação digital produzido a partir dos dados RPA.

4. Justificativa

A expansão da fronteira agrícola no cerrado se encontra em constante desenvolvimento causando uma enorme perda de vegetação natural nesse processo. Cerca de 55 % do território ocupado pelo bioma cerrado já foi desmatado (MACHADO et al., 2004). O cadastro ambiental rural (CAR) auxilia no controle de tal desmatamento proporcionando a criação de áreas de preservação permanentes e reservas legais que obedecem aos parâmetros legislativos (LAUDARES et al., 2014).

O cadastro ambiental rural (CAR) é responsável pela criação de um banco de dados capaz de integrar informações georreferenciadas a partir imagens de satélite. A integração desses dados é essencial para a conservação e organização dos imóveis rurais (LAUDARES et al., 2014). De acordo com Antunes et al. (2014) a resolução espacial RapidEye se mostrou adequada para o mapeamento de áreas agrosilvipastoris com precisão satisfatória. Ainda segundo o mesmo autor, a resolução espectral do RapidEye e a resolução temporal, melhorada pela colocação de cinco satélites na mesma órbita, fazem desta constelação uma excelente opção para o monitoramento ambiental e de áreas de agricultura, florestais e de pastagens.

Apesar da excelente resposta das imagens RapidEye, a resolução espacial da mesma pode não ser suficiente para o mapeamento de pequenas áreas. Segundo Neto et al. (2017), a utilização de RPAs como alternativa tecnológica, vem demonstrando eficiência no mapeamento de pequenas áreas, onde é possível se obter um produto com a resolução temporal na ordem de minutos e alta resolução espacial.

O produto gerado a partir da utilização de RPAs, pode ser implementando no subsídio de determinados serviços rurais como o CAR, áreas de assentamento, zoneamento ecológico econômico, entre outros (NETO et al., 2017). A partir dos resultados do presente estudo, espera-se estimar os erros do banco de dados RapidEye quando comparadas com o banco de dados RPA.

5. Revisão Bibliográfica

5.1 Cadastro Ambiental Rural

O Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, integrou o CAR de todas as regiões, que já tinha sido implementado em âmbito nacional com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

O CAR é um sistema de registro nacional que consiste no levantamento de imagens georreferenciadas dos imóveis rurais e tem como objetivo o monitoramento da regularidade ambiental dos mesmos, garantindo o cumprimento da legislação ambiental. Através do CAR, os órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) podem acessar informações seguras e fidedignas quanto localização (georreferenciamento) e regularidade dos imóveis (BARROSO E ALENCAR, 2014).

O sistema visa integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes às Áreas de Preservação Permanente - APP, de uso restrito, de Reserva Legal, de remanescentes de florestas e demais formas de vegetação nativa, e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

A manutenção de APP's e da reserva legal atende a lei 12.651 de 25 de maio de 2012 e tem como objetivo preservar processos ecológicos e garantir o fornecimento de serviços ambientais. Serviços ambientais como: evitar a erosão de terrenos declivosos e a colmatagem dos rios. Processos ecológicos como: conectar áreas servindo como corredores ecológicos e, conseqüentemente, proporcionando a diversidade genética animal e vegetal, funcionando como bancos de sementes de vegetação primária, refúgio para espécies migratórias, entre outros (METZGER, 2010).

As imagens utilizadas no CAR são provenientes de uma constelação de satélites de sensoriamento remoto denominado RapidEye. Os cinco satélites são idênticos e se posicionam em órbita síncrona com o Sol, sendo igual o espaçamento entre os satélites.

Segundo Junior e Silva (2014, p.515):

“Esta configuração permite estabelecer novos padrões de eficiência relacionados à repetitividade de coleta e a exatidão das informações geradas sobre a superfície da Terra. Sendo assim, as alterações em áreas naturais podem ser facilmente verificadas, assim como danos de desastres naturais, por exemplo. Isto permite a previsão de colheitas, inspeção dos licenciamentos ambientais e a produção de mapas atualizados para as regiões mais remotas.”
Junior e Silva (2014; p.515).

5.2 Geoprocessamento e sensoriamento remoto

O uso do geoprocessamento e das geotecnologias relacionadas vem revolucionando uma série de áreas de estudo. Imagens aéreas são utilizadas na atualização da cartografia, avaliação da cobertura vegetal, estudo em áreas urbanas e monitoramento de áreas agrícolas e do meio ambiente (Antunes et al., 2013). Segundo Felix et al. (2009) a observação da Terra por meio de imagens de satélites é a maneira mais efetiva e econômica de coletar dados necessários à gestão do território, especialmente em países com grande extensão territorial, como o Brasil.

Para o Cadastro Ambiental Rural (CAR) são usadas imagens do satélite RapidEye são compostas de cinco bandas espectrais: Azul, Vermelho, Verde, Red Edge e Infravermelho próximo. Cada banda possui características específicas de acordo com seu comprimento de onda. A tabela 1 apresenta cada banda disponibilizada pela constelação e seu comprimento de onda.

Tabela 1: Comprimento de onda relativo a cada banda. Fonte: Junior & Silva (2014)

Bandas	Comprimento de onda (nm)
Azul	440 - 510
Verde	520 - 590
Vermelho	630 - 685
Red Edge	690 - 730
Infravermelho Próximo	760 - 850

De acordo com Junior e Silva (2014) a banda *red-edge* por estar localizada na região do espectro eletromagnético entre 690 a 730 nm, local onde pode-se perceber uma mudança abrupta na reflectância da clorofila, é muito importante para a análise de biomassa. Conforme Jensen (2000), a banda do infravermelho próximo é responsável pelo registro da energia refletida devido a porção da biomassa da vegetação presente na cena, é útil para a identificação da cultura e realça o contraste entre cultura/solo e terra/água, sendo possível, através das bandas *red-edge* e infravermelho próximo medir variações na vegetação, permitindo a separação de espécies e monitoramento da saúde da vegetação.

A resolução espacial original de cada banda é de 6,5 m e, após a ortorretificação, as bandas são reamostradas para uma resolução de 5m, resultando em imagens corrigidas com precisão de detalhes compatível com escala 1:25.000 (JUNIOR & SILVA, 2014).

De acordo com Junior e Silva (2014, p.515) as imagens RapidEye ganharam importância no cenário nacional devido a assinatura de convênios com o governo federal, que passaram a fornecer estas imagens gratuitamente para os órgãos públicos. Exemplo disso é a realização do CAR (lei 12.651 de 2012) utilizando o banco de imagens RapidEye.

5.3 Aeronaves remotamente pilotadas

Com o avanço das tecnologias percebeu-se o crescimento no uso de aeronaves remotamente pilotadas (*RPA-Remotely Piloted Aircraft*) ou Drones, como são popularmente conhecidos para diversas atividades. Segundo Longhitano (2010) e Cândido et al. (2015) os Drones (RPA) estão revolucionando pesquisas e serviços técnicos, no âmbito da agricultura de precisão e meio ambiente, proporcionando produtos (imagens sintéticas ou multiespectrais) com alta resolução espacial. A ampla utilização de imagens produzidas por RPAs deve-se a facilidade de adaptação do equipamento as especificidades de cada projeto, já que as características das imagens estão diretamente relacionadas a parâmetros como resolução, escalas e tipos de sensores, que são escolhidos de acordo com a necessidade de cada trabalho (Morgan et al., 2010).

Uma gama de atividades no âmbito florestal, ambiental e rural já estão utilizando Drones para diversas finalidades. Os mesmos podem ser aplicados no monitoramento agrícola (Xiang & Tian, 2011), na classificação do uso do solo (Perea et al., 2010), no monitoramento de florestas para o planejamento de corte e otimização do processo de

extração da madeira (Lundqvist, 2014) , na avaliação da sanidade da floresta com o monitoramento de pragas e doenças (Fornace et al, 2014), na gestão e fiscalização de unidades de conservação, áreas de preservação permanente e reserva legal e na produção de ortofotos em alta resolução espacial (Bryson et al., 2010).

5.4 Avaliação de acurácia de mapeamentos

Uma das formas de se efetuar uma comparação estatística adequada entre duas classificações é através de uma matriz de confusão. A matriz de confusão possibilita a geração de uma base para descrever a precisão da classificação e caracterizar os erros, ajudando a refinar a classificação. De uma matriz de confusão podem ser derivadas várias medidas de precisão da classificação, como o índice de exatidão global e o coeficiente Kappa (Foody, 2002).

A matriz de confusão é formada por um arranjo quadrado de números que são dispostos em linhas e colunas que expressam o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – inferida por um classificador (ou regra de decisão), comparado com a categoria atual verificada no campo (Congalton, 1991). Observou-se que Bolfe et al. (2004) e Nascimento et al. (2005) utilizaram a matriz de confusão e os índices relacionados para verificação da acurácia de classificações.

6. Metodologia

6.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado no imóvel rural Sitio Monte Sião, que possui uma área de 29,44, está localizado na rodovia Distrital DF-205 Oeste, quilômetro 18, córrego do ouro, Fercal, no Distrito Federal (DF). A Fercal possui cerca de 27 mil habitantes e está inserida na borda da Área de Proteção Ambiental (APA) da Cafuringa, localizada próximo à Região Administrativa de Sobradinho II e adjacências da fábrica de cimento Tocantins/SA, estando localizada na região hidrográfica Tocantins/Araguaia, fazendo parte da bacia do Rio Maranhão e inserida na unidade hidrográfica Pedreira/Sonhem (GDF, 2013). A área se encontra perto da divisa entre o DF e o estado do Goiás (Figura 1).

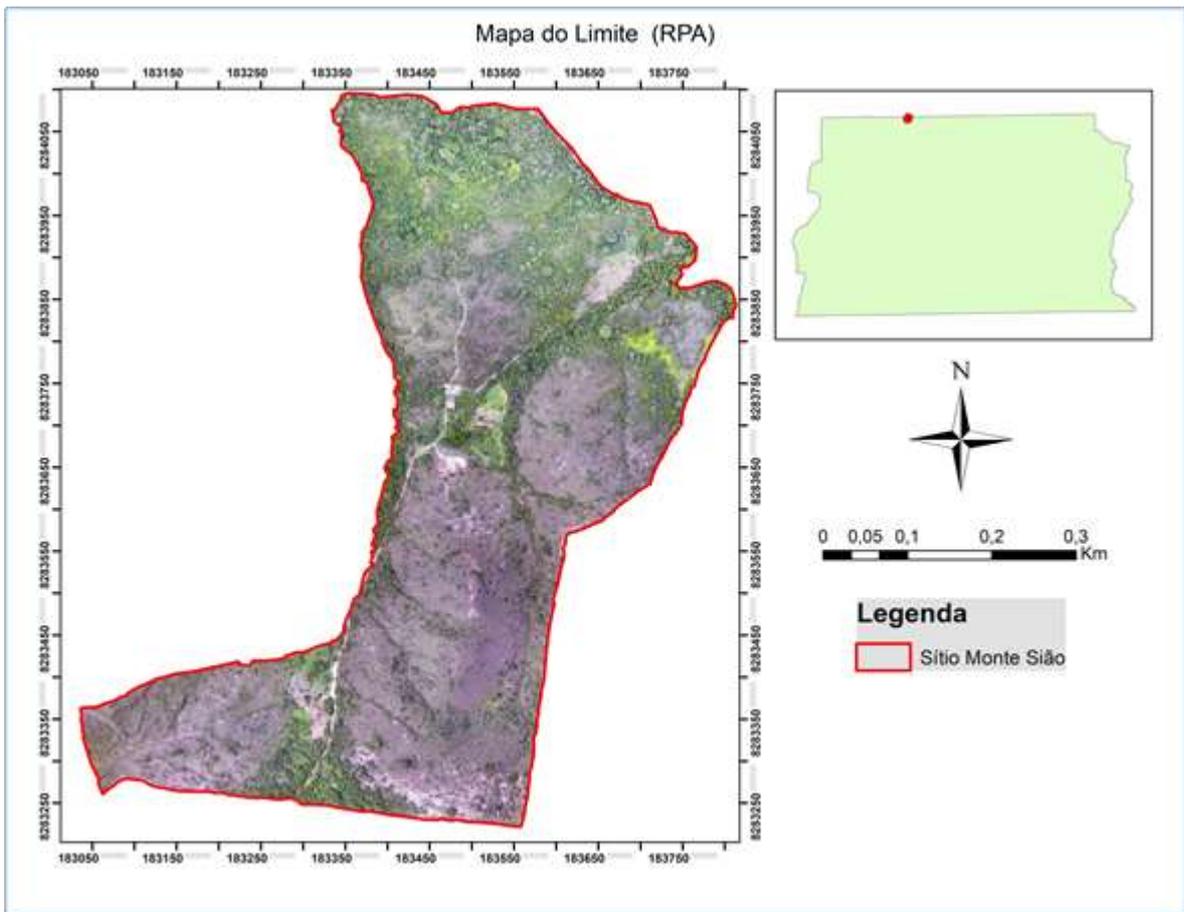


Figura 1: Limite e localização do imóvel estudado.

6.2 Histórico da propriedade

O imóvel possuía áreas utilizadas para atividades pastoris antes de ser adquirido pelo proprietário atual. Um pequeno trecho do córrego do ouro passa por dentro da propriedade, no local onde a vegetação é mais adensada. Atualmente, a maior parte do imóvel é composta por vegetação nativa do Bioma cerrado sendo que uma pequena parcela é destinada ao plantio orgânico de alimentos, com foco no plantio de mandioca para a produção de tapioca integral.

6.3 Caracterização da RPA utilizada

A Aeronave Pilotada Remotamente (RPA) utilizada na produção da imagem a Phantom IV, da marca chinesa DJI. A câmera da Phantom IV possui 12 MP (1/2.3”), a lente tem 20 mm com f/2.8 e um campo de visão de 94° e é equipado com um sistema de localização GPS/GLONASS. O Phantom IV é um RPA de classe III e pesa 1,38 Kg e as RPAs desta classe devem possuir um peso entre 250 g e 25 Kg e operar em uma altitude de, no máximo, 400 pés (120 m) (Figura 2). As mesmas devem executar operações do tipo VLOS, no qual o piloto mantém contato visual direto com a RPA. Se faz necessário,

para tal classe, um cadastro na ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) por meio do sistema SISANT (Sistema de aeronaves não tripuladas).



Figura 2: Aeronave Pilotada Remotamente (RPA) tipo Phantom IV usada na aquisição de imagens nesta pesquisa. Fonte: <https://www.dji.com/>

6.4 Coleta e processamento dos dados

O voo e parte do processamento, foram efetuados pelo cientista ambiental, com especialização em RPAs, Matheus Bandeira. Foram entregues para a realização do presente estudo a ortofoto da área, composta pelas bandas RGB, um *shapefile* com as curvas de nível e um modelo digital de elevação.

O voo ocorreu no dia 02 de fevereiro de 2018 e abrangeu uma área de total de 50 hectares, sendo selecionada para este trabalho as imagens referentes à área estudada, 30 ha, aproximadamente. A aeronave coletou imagens georreferenciadas à 100m de altitude do ponto de decolagem onde foram produzidas 200 fotos no total. A coleta das imagens foi feita de forma automática. A área de interesse foi localizada no Google Earth Pro e demarcada através da confecção de um polígono e então, importa-se o polígono para o software de voo, o GS Pro, software oficial da marca DJI. Seleciona-se alguns parâmetros para o plano de voo, como a altura, as direções das linhas, a porcentagem de recobrimento, lateral e longitudinal, entre outros. Após os ajustes e a confecção do plano de voo, a RPA foi levada ao ponto de decolagem e inicia-se a missão (plano de voo). Toda a missão foi feita de forma automatizada, incluindo a decolagem e o pouso.

O pré-processamento, o processo de fotogrametria, foi realizado através do software Agisoft PhotoScan. As imagens coletadas pelo RPA são importadas para o software e alinhadas, gerando assim uma nuvem de pontos esparsa. Para a criação da nuvem de pontos densa, foram coletadas informações de posicionamento dos sensores e a partir daí, aplica-se o algoritmo de profundidade dos pixels gerados. Utilizando-se a nuvem de pontos densa, construiu-se o modelo geométrico onde foi aplicada a texturização. A partir do modelo geométrico foi gerado a ortofoto final.

A extração do modelo digital de elevação foi realizada no *software* ENVI Lidar. As informações de latitude, longitude e altitude de cada ponto que formam a nuvem de pontos densa, criada pelo *software* Agisoft PhotoScan, foram utilizadas para a construção do modelo. O *shapefile* das curvas de nível foi criado a partir do modelo de elevação utilizando-se o software da empresa Esri, Arcmap 10.3.

A imagem da constelação RapidEye foi disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), obtida pelo site Geocatalogo do MMA na rede mundial de computadores. A imagem foi adquirida em 12 de maio de 2014 pela constelação RapidEye. Todas as imagens utilizadas e as camadas produzidas foram projetadas na projeção UTM, zona 23 Sul, Datum WGS 1984.

6.5 Mapas de classificação do uso do solo

A elaboração dos mapas de classificação do uso da terra foram feitos no *software* ArcMap 10.1. A classificação ocorreu seguindo os parâmetros do CAR, com a delimitação da reserva legal, que deve compreender no mínimo 20 % da área, em propriedades maiores que 4 módulos fiscais (1 módulo fiscal é equivalente a 5 hectares no DF), da área consolidada, que engloba estradas, áreas destinadas a atividades agropastoris e/ou agroindustriais e áreas construídas, a sede da propriedade, áreas de preservação permanente e as áreas de remanescentes de vegetação nativa.

Para efeito de comparação foi utilizado uma matriz de confusão para identificar os erros da classificação, utilizando uma imagem RapidEye, quando comparadas a classificação que utilizou uma imagem de um RPA. A partir da utilização de uma matriz de confusão foi possível avaliar a classificação efetuada. A matriz de confusão é dada pela correlação de informações dos dados de referência (verdadeiro) com os dados classificados. A imagem produzida pelo RPA foi tida como referência dada a sua alta

resolução espacial, fazendo com que a imagem seja extremamente fidedigna com a realidade.

Outra variável utilizada foi o coeficiente Kappa, que permite a quantificação, a partir da matriz de confusão, da acurácia do mapeamento. Este índice indica o grau de concordância dos dados, gerando, assim, um aspecto de confiabilidade e precisão dos dados classificados (PERROCA e GAIDZINSKI, 2003).

O coeficiente Kappa pode variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, mais similares são os dados com a realidade. A tabela 2, adaptada de Landis e Koch (1977, p.165), mostra o desempenho da classificação associada aos valores da estatística Kappa.

Tabela 2: Desempenho da classificação associada aos valores da estatística Kappa. Fonte: Landis e Koch (1997)

Índice Kappa	Desempenho
<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

Para o processo de confecção da Matriz de confusão foram criados *shapefiles*, utilizando o Arcmap 10.1, para cada uso do solo. Os polígonos de cada classificação, uma RapidEye e outra RPA, foram unidos através da ferramenta *Union* encontrada no *Arctoolbox – Overlay*.

Os polígonos foram convertidos para o formato vetorial (*Raster*) através da ferramenta *Polygon to Raster* encontrada na *ArcToolbox - Conversion Tools - To Raster*. Após a conversão dos dados, os arquivos foram importados para o programa ENVI 4.5. Os arquivos que estavam no formato TIF ou TIFF (*Tagged Image File Format*) foram convertidos para o formato ENVI *Standard* e depois para o formato ENVI *classification*. Com os dois arquivos ENVI *classification* foi possível criar uma matriz de confusão objetivando uma análise comparativa. O arquivo gerado a partir da imagem RPA foi utilizado como referência (verdade).

Além da matriz de confusão, foram elaborados mapas temáticos da classificação de uso do solo para uma comparação visual. Também foi criado um mapa de elevação do terreno, com as curvas de nível para a sugestão de utilização do mesmo para um planejamento mais efetivo da propriedade. Todos os mapas foram produzidos utilizando o *software* Arcmap 10.5.

7. Resultados e Discussão

7.1. Classificação da Base de dados RapidEye

A área destinada à reserva legal está situada ao norte da propriedade em uma área com maior percentual de conservação da propriedade. As áreas consolidadas consistem em dois polígonos separados, destinados a práticas agrícolas, e a estrada, que compreende a entrada da propriedade até a sede. A sede é a classe com a menor área. O restante da propriedade foi classificado como área de remanescente de vegetação nativa. Não foram identificadas área de preservação permanente. A Figura 3 mostra o limite da propriedade, sua localização no DF e as classes de uso do solo observadas.

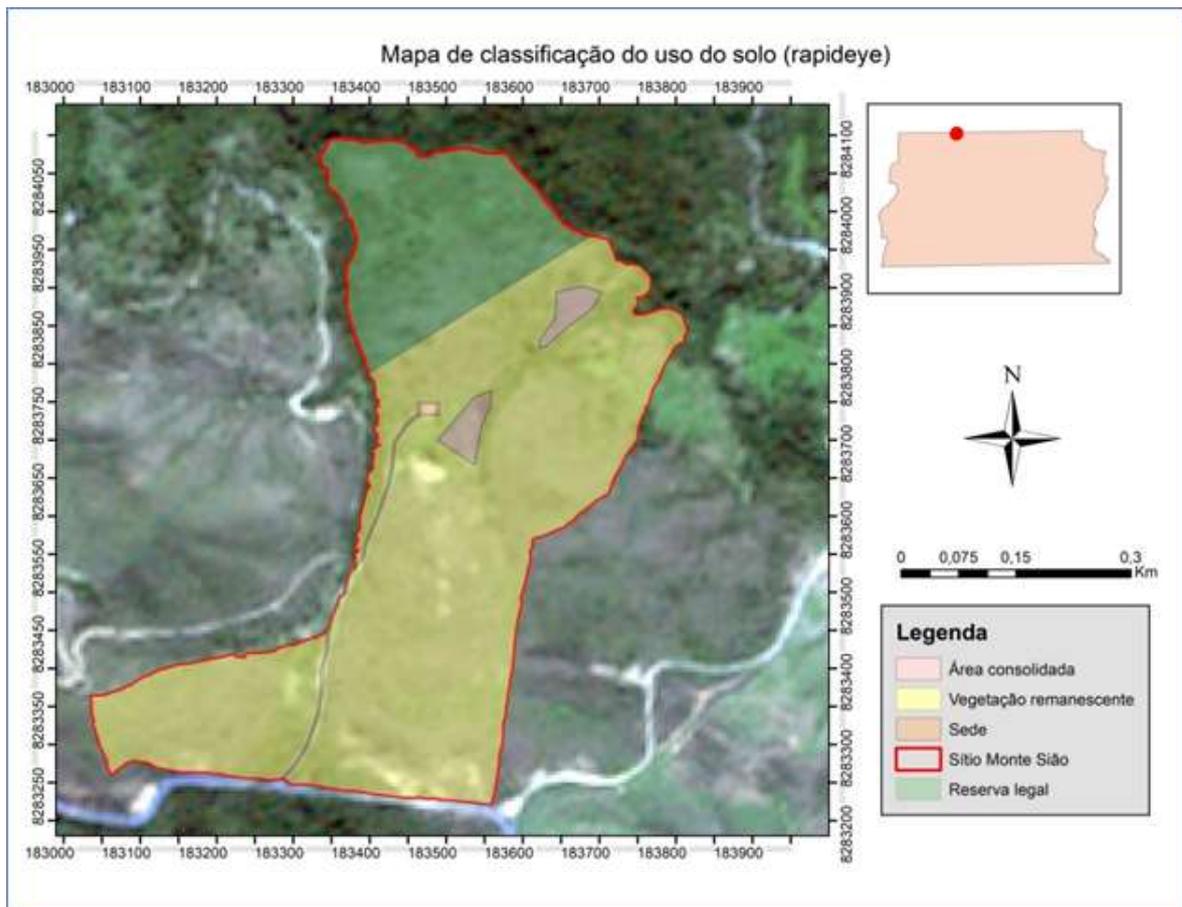


Figura 3: Classificação do uso e cobertura da terra da propriedade de estudo usando imagem RapidEye.

A Tabela 3 mostra as classes de uso observadas na propriedade e a área de cada classe, no banco de dados RapidEye.

Tabela 3: Classes de uso e área respectiva (RapidEye).

Classe de uso	Área (ha)
Reserva legal	6,104 ha
Área consolidada	0,739 ha
Sede	0,050 ha
Vegetação Remanescente	22,544 ha

7.2 Classificação da Base de dados RPA

Na classificação feita a partir do mosaico de imagens adquiridas pela RPA, a reserva legal ficou situada na mesma região que a classificação RapidEye, porém, delimitou com maior precisão a vegetação preservada. A identificação da área consolidada também foi similar, delimitando as bordas das áreas de cultivo e da sede e incluindo parte da estrada que não havia sido identificada na classificação RapidEye.

O grande diferencial da classificação RPA foi a identificação de corpos d'água. Foi identificado o córrego que passa dentro da propriedade e assim foi possível delimitar a área de preservação permanente. O córrego possui menos de 10 m de largura, portando, foi estipulada a criação de um buffer com distância de 30 m no sentido perpendicular ao curso do rio, como de preservação permanente, conforme a definição da Lei n. 12.651 de 2012. Se faz de extrema importância a correta identificação dos corpos d'água e suas medidas para a fidedigna delimitação da APP. O restante da propriedade foi classificado como área de remanescente de vegetação nativa.

Devido à alta resolução espacial do mosaico de imagens adquiridas pela RPA, o limite das classes foi delimitado com precisão e dessa forma, utilizado como base de dados de referência para a avaliação da precisão da base de dados RapidEye. A Figura 4 mostra as classes de uso do solo mapeadas com os dados da RPA, assim como o limite da propriedade e sua localização no DF.

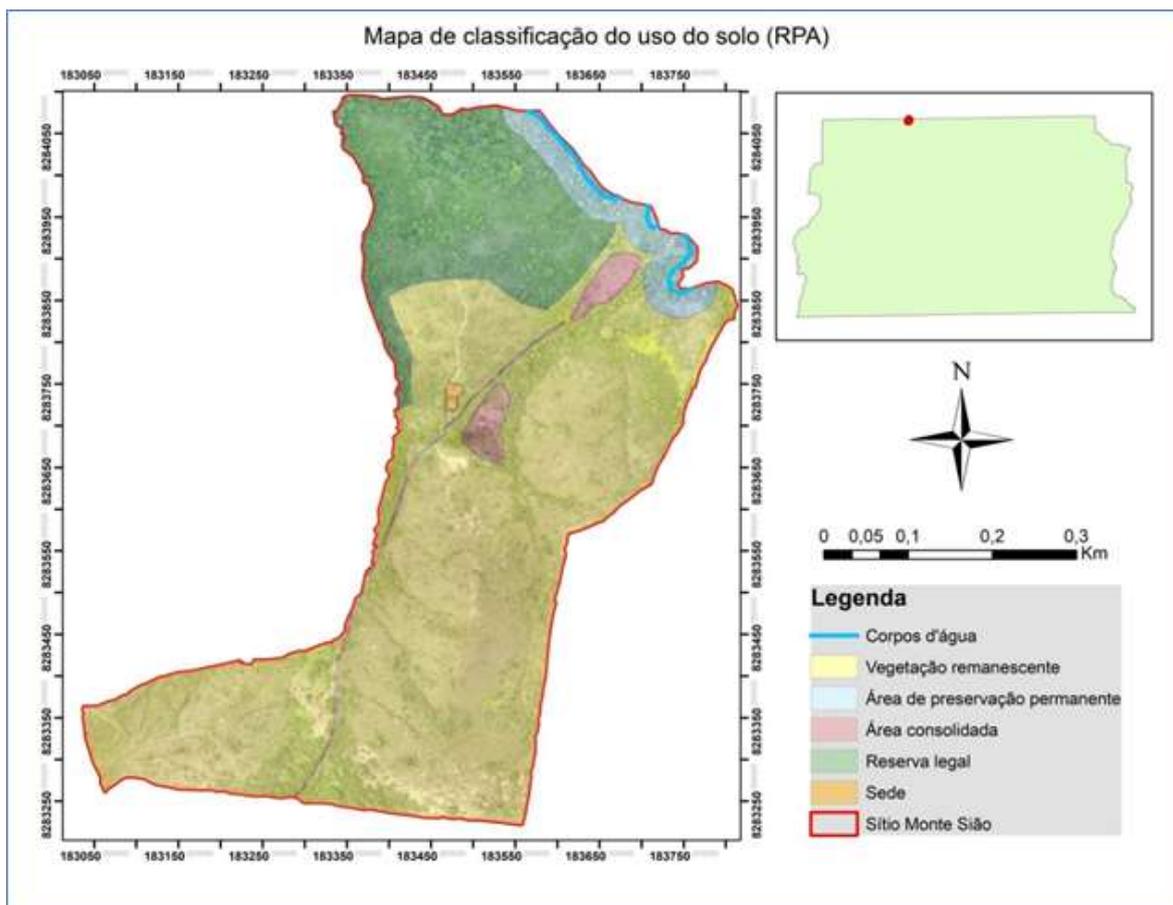


Figura 4: Classificação do uso e cobertura da terra da propriedade de estudo usando imagem adquirida com o RPA.

A tabela 4 mostra as classes de uso observadas na propriedade e a área de cada classe, no banco de dados RPA.

Tabela 4: Classes de uso e área respectiva (RPA). Fonte: Autor

Classe de uso	Área (ha)
Reserva legal	5,930 ha
Área consolidada	0,855 ha
Sede	0,056 ha
Vegetação Remanescente	21,412 ha
Área de preservação permanente	1,377 ha

7.3 Análise comparativa

Os arquivos do tipo raster, criados no Arcma com pixel de 1 m, foram os produtos finais utilizados para análise comparativa. Os arquivos foram exportados para o software ENVI 4.5 para gerar a matriz de confusão. A Figura 5 mostra as duas classificações do uso e cobertura da terra feitas com imagem do satélite RapidEye e do mosaico de imagens adquirido com o uso de RPA para gerar a matriz de confusão.

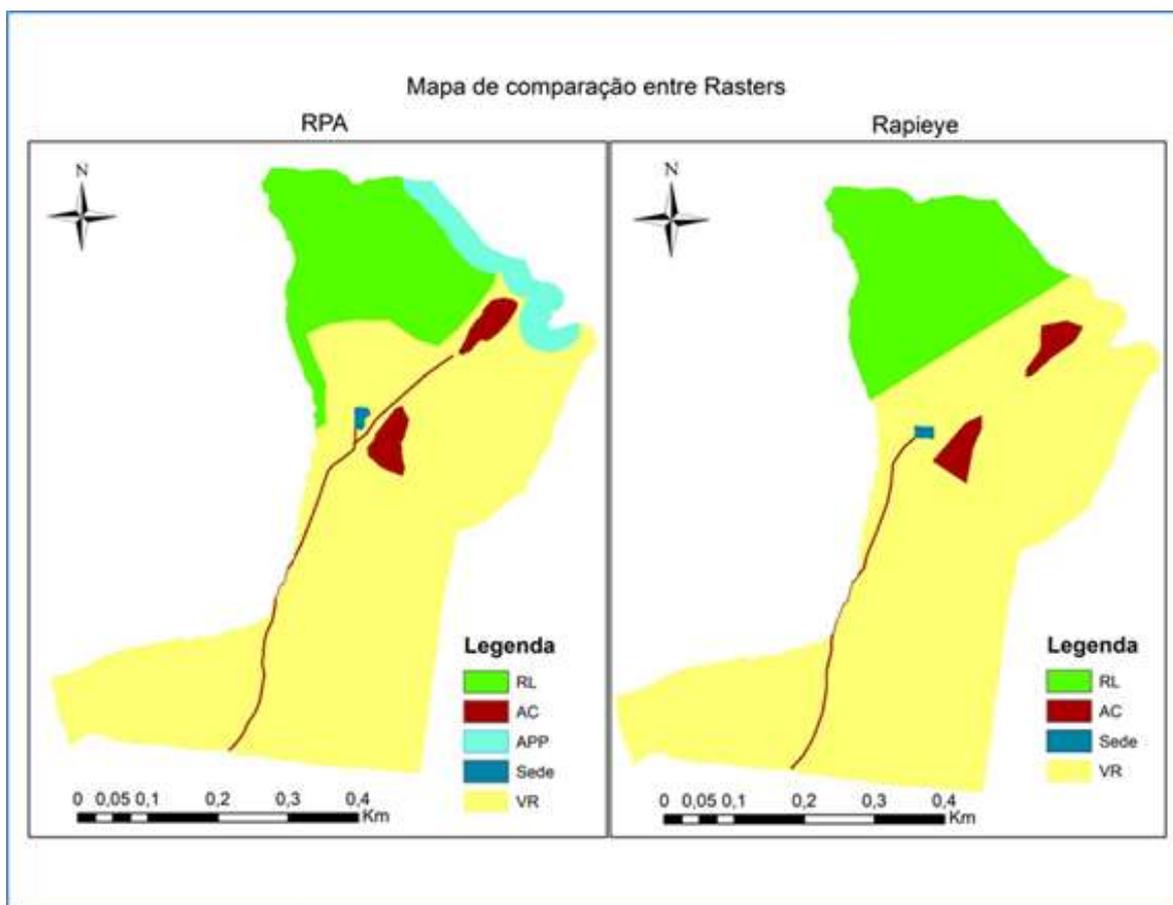


Figura 5: Comparação entre as classificações do uso e cobertura da terra feitas com imagem do satélite RapidEye e do mosaico de imagens adquirido com o uso de RPA.

A matriz de confusão ou matriz de erros avalia se os pixels do banco de dados RapidEye foram classificados corretamente, em relação ao banco de dados RPA, que foi o mapeamento de referência. Segundo Jensen (1986), a análise comparativa da precisão de mapeamentos, quando feita através de uma matriz de confusão pode fornecer melhores métodos comparativos do que uma simples comparação de precisão através de uma estimativa global, que se trata da porcentagem que foi corretamente classificada.

A Tabela 5 mostra a matriz de confusão gerada onde as linhas representam a referência (verdade de campo) e as colunas a classificação do uso e cobertura da terra.

Tabela 5: Matriz de confusão contendo o número de pixels em cada classe de uso e cobertura da terra feita com o RapidEye (Classificação) comparada com o mosaico de imagens adquiridos com o RPA (Realidade de campo).

		Matriz de confusão						
		Realidade de campo						
Classificação		RL	AC	VR	Sede	Total	Acurácia do Produtor	Erro de Comissão
	RL		49863	0	5001	0	54864	91%
AC		0	5236	2156	0	7392	71%	0,29
VR		7415	3217	206199	216	217047	95%	0,05
Sede		0	0	139	352	491	72%	0,28
Total		57278	8453	213495	568			
Acurácia do usuário		87%	62%	97%	62%			
Erro de Omissão		0,13	0,38	0,03	0,38			
Exatidão Global		93,52%						
Coeficiente <i>Kappa</i>		0,8234						

A matriz de confusão expressa os pixels classificados corretamente, elementos situados na diagonal principal, a comissão, quantidade de pixels que foram superestimados, a omissão, pixels que foram subestimados, a acurácia do usuário, que indica o percentual de acerto da classificação em relação a verdade, a acurácia do produtor, que leva em consideração os erros de exclusão ou omissão, o índice de exatidão global e o coeficiente *Kappa*. A acurácia do usuário para reserva legal foi de 87%, para área consolidada 62%, para a vegetação remanescente 97% e para a sede 62%. A acurácia do produtor para a reserva legal foi de 91%, para a área consolidada 71%, para a vegetação remanescente 95% e para a sede 72%. A matriz de confusão não levou em consideração a classificação da área de preservação permanente, já que a mesma não foi identificada na base de dados RapidEye.

O valor do índice de exatidão global foi de 93,52%. Esse índice indica a probabilidade de os usos do solo terem sido classificados corretamente e leva em consideração somente os elementos da diagonal principal (verde). O valor do coeficiente de *Kappa* foi de 0,8234. De acordo com Lillesand (2004) o coeficiente *Kappa* é um indicador do grau que a porcentagem dos valores corretos da matriz de confusão é devido à “verdade” versus a “probabilidade” de concordância.

Gong & Howarth (1990) comentam a importância na utilização do coeficiente *Kappa*, por representar inteiramente a matriz de confusão e não apenas os elementos situados na diagonal principal, como é o caso do índice de exatidão global.

7.4 RPAs no planejamento do uso do solo

A aplicação de RPAs no planejamento do uso do solo pode tornar o processo mais efetivo, pois, segundo Neto et al. (2017) pode melhor auxiliar a tomada de decisões, já que produz informações com alta resolução espacial e temporal. A partir de dados mais precisos é possível, por exemplo, produzir modelos digitais de elevação de qualidade superior. De acordo com Ribeiro et al. (2005) modelos digitais de elevação consistentes, podem viabilizar a identificação e delimitação APPs de forma automática, para todo o território brasileiro.

O modelo digital de elevação (MDE) obtido apresenta resolução espacial de 0,05 m e, segundo Ferreira et al. (2013), os MDEs com tal resolução são capazes de representar em detalhes a superfície da área, possibilitando a identificação da profundidade de

pequenos objetos com precisão similar à de técnicas com equipamentos a laser. A Figura 6 mostra a altimetria feita com base em um modelo digital de elevação, produzida através dos dados coletados pela RPA, da propriedade estudada.

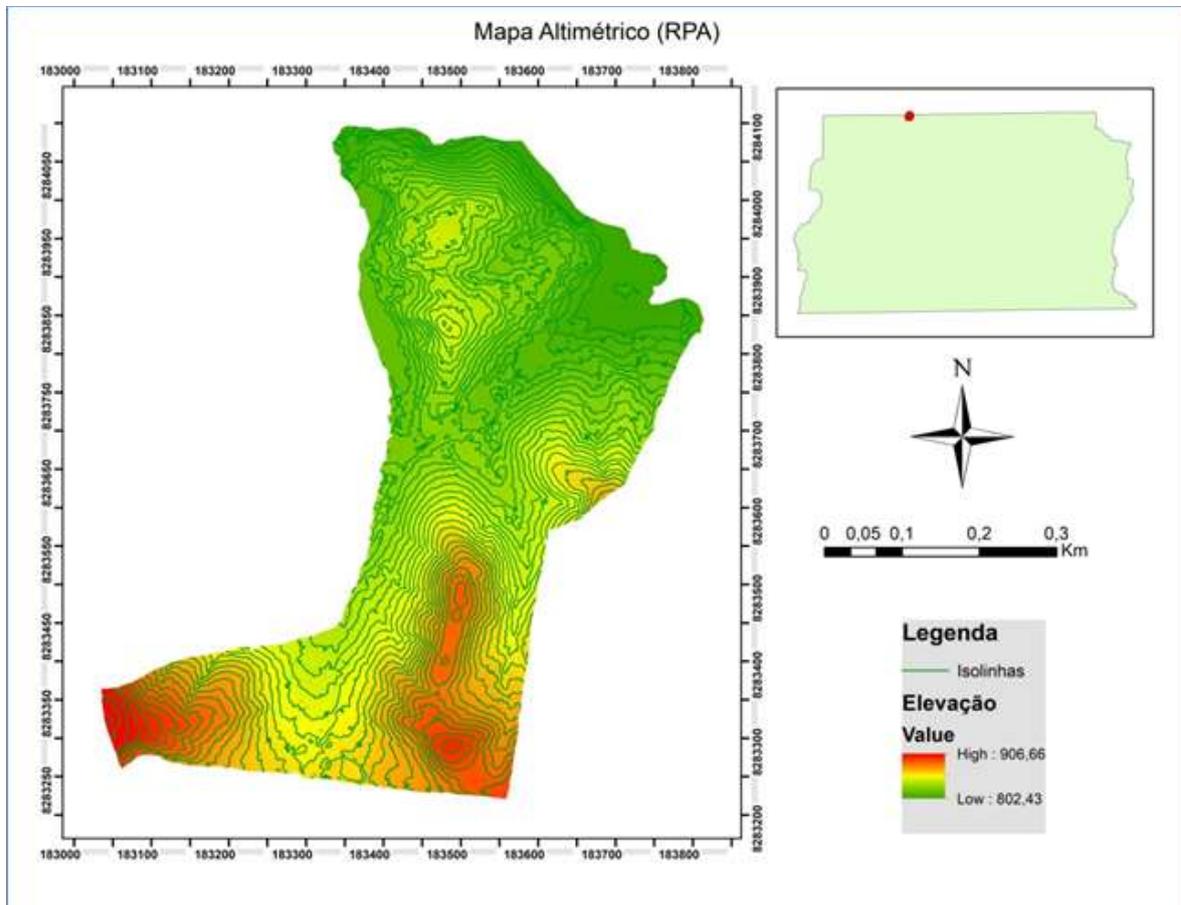


Figura 6: Altimetria da propriedade estudada usando dados adquiridos com a RPA.

8. Conclusão

As estimativas da matriz de confusão indicam a exatidão global da classificação do RapidEye de 93,5% e o do coeficiente kappa 0,82. Ambos os valores podem ser considerados excelentes. Entretanto, não foi considerado na matriz de confusão a área de preservação ambiental, classe que aumentaria o erro de omissão de todos os pixels, já que a classe não foi identificada na base de dados RapidEye.

A resolução espacial da imagem RapidEye se mostrou suficiente para atender a maior parte da classificação exigida pelo CAR. Todavia, a classificação com dados do RapidEye não possibilitou a identificação dos corpos d'água na propriedade estudada, impossibilitando a classificação da área de preservação permanente. Por isso, a classificação usando dados RapidEye não foi totalmente satisfatória para a parte ambiental do CAR.

Assim, visando o planejamento do uso da terra e seu manejo, a utilização de RPAs é mais recomendada pois possibilitam o melhor conhecimento da área a ser manejada e permite a criação de modelos mais precisos do que aqueles criados a partir de imagens de satélite. Modelos mais precisos são conseqüentemente mais efetivos e podem subsidiar tomadas de decisão por parte do proprietário.

9.Referências bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728 (published online January 2014) Open Access Article by Gebruder Borntraeger 2013.

ANTUNES, M. A. H.; DEBIASI, P.; SIQUEIRA, J. C. dos S. Avaliação espectral e geométrica das imagens RapidEye e seu potencial para o mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**. N. 66/1. P. 105-113. 2014.

BARROSO, L. A.; ALENCAR, G. V. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de regularização ambiental em assentamentos de reforma agrária, 2014.

BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (ed.). **Global warming and other eco-myths**. pp. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA, 2002.

BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A.; FONSECA, E. L. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.1, p.85-90, 2004.

BRYSON, M.; REID, A.; RAMOS, F.; SUKKARIEH, S. 2010. Airborne vision-based mapping and classification of large farmland environments. **Journal of Field Robotics**, 27(5): 632-655.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; FILHO, A. C. P. Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ** ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 38 - 1 / 2015 p. 147-156.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 49 n. 12, p. 1671-1678, 1991.

FELIX, A. M.; KAZMIERCZAK, M. L.; ESPÍNDOLA, G. M. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, Natal. 2009. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p 7619-7622.

FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H. L.; MAROTTA, G. S.; MENEZES, P. H. B. J. Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução

espacial. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

FOODY, G. M. On the compensation for chance agreement in image classification accuracy assessment. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 10, p. 1459-1460, 1992.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment, Volume 80, Issue 1, Pages 185-201, April 2002.

FORNACE, K. M.; DRAKELEY, K.J.; WILLIAM, T.; ESPINO, F.; COX, J. (2014). Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology. *Trends in Parasitology*, 30 (11): 514-519.

GDF - Governo do Distrito Federal. Administração Regional da Fercal – RA XXXI (2013). Disponível em: <http://www.fercal.df.gov.br/>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing*. Englewood Cliffs: Prentice - Hall, 1986. 51 p.

JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996, 318 p.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento Remoto do ambiente: Uma perspectiva sobre recursos terrestres*. São José dos Campos, SP. Ed. Parêntese, 2009.

JUNIOR, E. A. M.; SILVA, J. S. V. Imagens de alta resolução (RapidEye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.513 -522

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. *A conservação do cerrado brasileiro*, Volume 1, Nº 1, julho 2005.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p.159-174, Mar. 1977.

LAUDARES, S.S.A.; SILVA, K.G.; BORGES, L.A.C. *Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para a regularização ambiental no Brasil.*

LILLESAND, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. *Remote sensing and interpretation*. 5ed. Madison: Wiley, 2004. 763p.

- LONGHITANO, G. A.; Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas; 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo; 163f.
- LUNDQVIST, R. (2014). Vants encontram madeira derrubada pelo vento. *Just Forest*, 1: 18-19.
- MACHADO, R. B.; NETO M. B. R.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. 2004a. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservation International do Brasil**, Brasília.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Link: <http://car.gov.br/#/> , acesso em: 20/08/2018.
- MAZZETO, C. E. S. Ordenamento Territorial no Cerado brasileiro: da fronteira monocultora a modelos baseados na sociobiodiversidade. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, n.19, p 89-109, jan/jun. 2009. Editora UFPR.
- METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, 8, 92-99, 2010.
- MORGAN, J. L.; GERGEL, S. E.; COOPS, N. C. 2010. Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. **BioScience**, 60(1): 47-59.
- NASCIMENTO, M. C; SOARES, V. P; RIBEIRO, C. A. A. S; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio alegre, espírito santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.
- NETO, F. D. F; JÚNIOR, J. G; BOTELHO, M. F; SANTOS, A. P; NASCIMENTO, L. A; FONSECA, A. L. B. Avaliação da qualidade posicional de dados espaciais gerados por vant utilizando feições pontuais e lineares para aplicações cadastrais. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 23, no1, p.134 - 149, jan - mar, 2017.
- PEREA, A. J.; MEROÑO, J. E.; AGUILERA, M. J.; CRUZ, J. L. 2010. Land-cover classification with an expert classification algorithm using digital aerial photographs. *South African Journal of Science*, 106(5-6): 92-97.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado, 1998. Publicado em: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado, *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.43, n.1, p.153-156, jan. 2008

XIANG, H.; TIAN, L. 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). **Biosystems engineering**, 108 (2): 174-190.

PERROCA, M. G.; GAIDZINSKI, R. R. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes - coeficiente Kappa. *Rev. Esc. Enferm. USP*, 2003; 37 (1): 72-80.