

# UTILIZAÇÃO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS PARA REALIZAÇÃO DE MAPEAMENTOS PLANIALTIMÉTRICOS

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia está tornando diversos procedimentos cada vez mais simples, rápidos e eficientes, em diversas áreas, através da criação ou aprimoramento de métodos e dispositivos. Todos os dias surgem inovações, muitas delas vindas da necessidade humana de solucionar problemas, simplificar questões, melhorar as interações humanas com a tecnologia a fim de retirar seu aproveitamento máximo ou simplesmente para satisfazer a curiosidade do homem.

Em relação à Engenharia, inúmeras ideias inovadoras já colaboraram para o crescimento da área. Em especial na Topografia, até a década de 1970, o processo de levantamento planialtimétrico utilizava diversos aparelhos, como teodolito mecânico e nível ótico, entre outros, para obter os dados que eram utilizados para os estudos topográficos de uma determinada região. Com o passar do tempo, novos equipamentos, como a estação total, surgiram para facilitar tais levantamentos. No entanto, muito esforço ainda era preciso, devido ao difícil acesso a esses aparelhos e à dificuldade de manipulação dos mesmos para a geração de dados. Além disso, associar os dados levantados à sua posição geográfica para a geração de mapas era uma tarefa árdua.

Todavia, foi durante a segunda metade do século XX que as mudanças de fato ocorreram e o avanço tecnológico revolucionou os métodos arcaicos de produção. No caso da Topografia, houve a invenção do *Global Navigation Satellite System (GNSS)* ou Sistema Global de Navegação por Satélite que se mostrou como alternativa para realização de algumas tarefas em substituição aos diferentes instrumentos topográficos utilizados em campo, caracterizando-se pelo uso eficaz, economia de tempo e mão de obra, além da excelente relação custo-benefício.

Mais recentemente, o uso de aeronaves remotamente pilotadas revolucionou a forma de se obter dados topográficos, antigamente obtidos através de aerofotogrametria e outros procedimentos. O uso de imagens de satélites e o sensoriamento remoto também vieram para contribuir no estudo do uso e ocupação do solo.

Além das tecnologias citadas, inúmeras outras estão contribuindo cada vez mais para a sociedade em que vivemos, servindo para uma imensidão de aplicações em diferentes campos do conhecimento.

### **1.1. Problema de pesquisa**

Aponta-se como problema de pesquisa a atualização ou a substituição de processos e equipamentos utilizados para o levantamento de dados espaciais, frente à evolução tecnológica que se torna recorrente nos tempos atuais. Existe também a necessidade, por parte de estudantes e profissionais da área de Engenharia, de conhecer e ter acesso a essas novas tecnologias que estão surgindo a cada momento. A aquisição do conhecimento dessas geotecnologias torna-se requisito preponderante para a seleção dessas pessoas no mercado de trabalho.

Tem-se como motivação para esta pesquisa o fato de a Escola de Engenharia (EE) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), através do Laboratório de Geotecnologias (LABGEO), ter investido recentemente em novos recursos computacionais e novos equipamentos topográficos com grande potencial para utilização em ensino, pesquisa e extensão.

Tais recursos, ainda não explorados pela própria Universidade, foram adquiridos com o propósito de serem utilizados pelos alunos da Escola de Engenharia, principalmente os do curso de Engenharia Civil, para a produção de Pesquisas, Iniciações Científicas (IC), Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), Projetos Integradores (PI) e outros projetos que necessitem de tais recursos sofisticados. Os recursos também serão utilizados para auxiliar no acompanhamento das aulas nas disciplinas de Geoprocessamento, Topografia, Estradas de Rodagem e Vias Férreas, entre outras.

### **1.2. Justificativa**

Novas tecnologias estão modificando a forma como as Engenharias trabalham, substituindo, aprimorando e até mesmo criando novos processos e equipamentos. Na área específica de Topografia, a utilização de *Drones* e *GNSS* no levantamento topográfico já é uma realidade. Essa constante evolução tecnológica faz com que o estudante universitário e o profissional de Engenharia sintam a necessidade de estarem em constante renovação de conhecimentos para melhor se destacarem no mercado de trabalho. É com este propósito que esta pesquisa está comovida a proporcionar aos alunos da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e aos profissionais de Engenharia uma visão crítica da evolução das Geotecnologias para que os mesmos possam se adaptar às tendências tecnológicas de mercado.

O mercado da Construção Civil, que vem passando por uma crise nos últimos anos, mas já demonstra sinais de recuperação, necessita de profissionais qualificados, sendo dever das universidades capacitar seus alunos nas áreas que possuem maior demanda, como é o caso das Geotecnologias, proporcionando a eles um diferencial profissionalizante.

### 1.3. Objetivos

Cabe a esta pesquisa, estudar as novas tecnologias existentes para o levantamento planialtimétrico, especialmente aquelas disponíveis no LABGEO, verificando a substituição de equipamentos e antigos procedimentos utilizados para a obtenção de dados topográficos a fim de ampliar a visualização técnica em relação às diferentes aplicações, promover a análise de diversas funcionalidades de ferramentas, e explorar os recursos operacionais disponíveis nos *softwares* que auxiliarão na resolução de diversos problemas atuais a partir de alternativas inovadoras, além de indicar e analisar os produtos resultantes da aplicação destas tecnologias.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

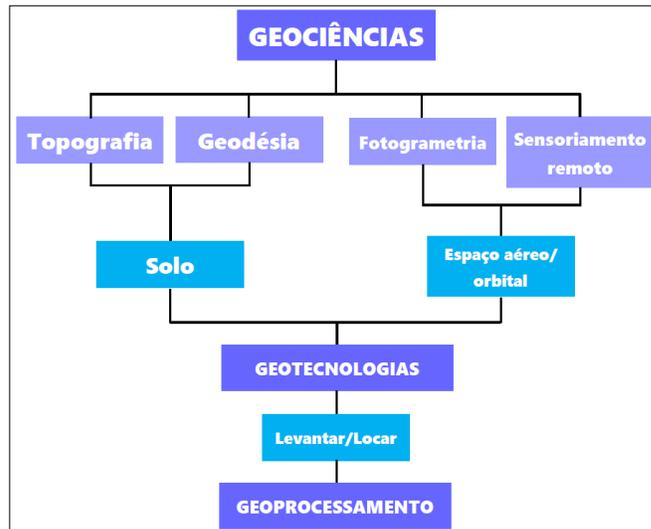
- identificar novas formas de realizar levantamentos topográficos através do uso de geotecnologias como *drones*, GNSS e outras;
- indicar procedimentos topográficos tradicionais que podem ser substituídos ou atualizados frente às novas tecnologias e discutir suas vantagens e desvantagens;
- explorar as ferramentas computacionais presentes no *softwares* de processamento de imagens *Agisoft PhotoScan Professional* e *Pix4D*, a partir de imagens geradas pelo levantamento com *drones*;
- avaliar os requisitos operacionais, como a facilidade de uso e facilidade de aprendizado, presentes nos *softwares Agisoft Photoscan Professional* e *Pix4D*;
- analisar e discutir a legislação vigente relacionada a utilização de fotogrametria para fins de Geoprocessamento;
- analisar os resultados obtidos através da aplicação das novas tecnologias.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

As Geociências proporcionaram, e continuam proporcionando, grandes conquistas ao homem. Atualmente são divididas em 4 campos principais, sendo elas: a Topografia, a Geodésia, a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto. A Topografia e a Geodésia correspondentes aos meios de aquisição de dados através unicamente do solo, nos quais deve-se ocupar o solo para

adquirir as informações necessárias. A Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto, focos desta pesquisa, constituem-se dos meios que não necessitam ir até o objeto de interesse, de forma a obter os dados remotamente, através do espaço aéreo ou orbital. Para que todos esses campos fossem estudados, instrumentos próprios foram criados para melhor obtenção de informações retiradas em campo. Esses equipamentos são denominados de Geotecnologias. Através delas podem ser feitos levantamentos para a captação de dados topográficos ou a locação de pontos previamente obtidos. As informações levantadas podem posteriormente ser analisadas e categorizadas através do Geoprocessamento (SILVA NETO, 2015). A Figura 1 mostra a relação entre as Geociências, as Geotecnologias e o Geoprocessamento.

Figura 1 – Estrutura geral de base cartográfica



Fonte: elaborado pela autora

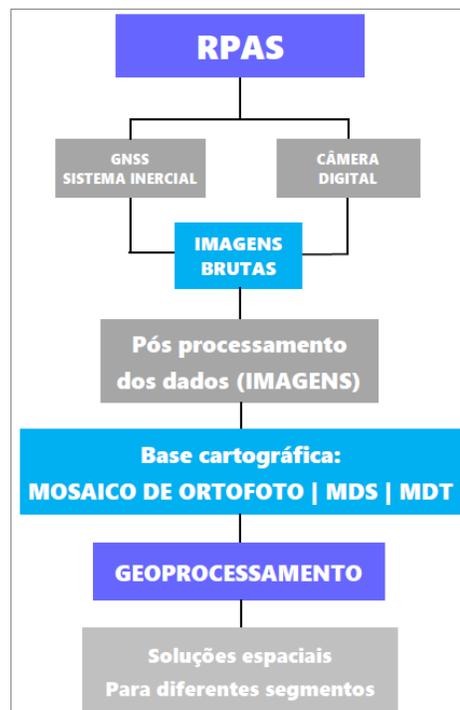
A criação e a evolução das geotecnologias contribuíram de forma imensurável para o crescimento e desenvolvimento do segmento no mercado. Nesta pesquisa serão abordadas as mais novas tecnologias relacionadas ao setor:

- os *RPAS – Remotely Piloted Aircraft Systems*, do inglês Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas. Um exemplo de *RPAS* é o tipo de aeronave popularmente conhecida como *drone*. Os *drones* têm capacidade de abrigar câmeras digitais utilizadas para realizar o levantamento topográfico;
- as câmeras multiespectrais e térmicas de alta resolução, que fazem o sensoriamento remoto do solo em diversos comprimentos de onda;

- o *GNSS - Global Navigation Satellite System* ou Sistema Global de Navegação por Satélite utilizado, por exemplo, para georreferenciar imagens captadas por *drones*;
- os *softwares* de planejamento de voo e processamento de imagens criados especificamente para a utilização dos *RPAS*.

O trabalho conjunto destas geotecnologias é imprescindível para que seja possível a captação de imagens brutas e informações de uma determinada região de interesse, seguida do pós processamento destes dados gerando, a partir da junção, sobreposição, ortorretificação e georreferenciamento de imagens, um mosaico de ortofotos. A partir disto, podem ser criados também os Modelos Digitais de Superfície (MDS) e os Modelos Digitais de Terreno (MDT). Todos esses elementos podem ser gerados, tratados e analisados por meio dos *softwares* de processamento de imagens. As imagens, mapas e modelos gerados neste processo proporcionam o estudo dos recursos da área em análise visando extrair a maior quantidade de conhecimento possível com a finalidade de solucionar problemas espaciais de diversas áreas (SILVA NETO, 2015). Todo este processo está ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura de funcionamento para criação de base cartográfica



Fonte: elaborado pela autora

A introdução de veículos aéreos não tripulados ocorreu durante o início da Segunda Guerra Mundial, com a intenção de servir às Forças Militares dos Estados Unidos. Esses veículos tinham como objetivo fazer o reconhecimento de terrenos em conflito, promover o apoio e o meio de ataques em missões, servir para espionagem remota e até mesmo enviar mensagens em locais de difícil acesso para as bases militares alocadas na região, tudo através de uma visão aérea. Por volta dos anos 60, foram criados os *RPAS*, que obtiveram grande destaque durante as operações militares americanas no Oriente Médio, com objetivos de espionagem e bombardeios em áreas de risco para o exército militar (NEWCOME, 2004).

No decorrer das décadas, um dos tipos de *RPAS* se destacou e ficou popularmente conhecido como *drone* (Figura 3). Nos dias de hoje, o conceito de *drone* foi totalmente inovado, graças ao nível de estabilidade e grau de segurança que recebeu. Atualmente é comercializado em larga escala, e conseqüentemente se torna mais acessível à população civil. Deste modo, este equipamento foi introduzido em diversos setores no mercado e a cada dia sua aplicabilidade tem um raio de alcance maior (SCUSSEL, 2015).

Figura 3 – *Drones* no levantamento topográfico



Fonte: BRASILAGRO (2018)

A maior flexibilidade junto à excelente relação custo-benefício no comércio dos *drones* colaboraram para a aquisição acessível por particulares, tornando-se assim necessária a criação de regulamentações aéreas para o tráfego dos mesmos. De acordo com a Agência

Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2018), as aeronaves classificam-se em 2 tipos: os aeromodelos e as *RPAS*. Segundo a regulamentação, “aeromodelos são as aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas usadas para recreação e lazer e as aeronaves remotamente pilotadas (*RPAS*) são as aeronaves não tripuladas utilizadas para outros fins como experimentais, comerciais ou institucionais”.

Para atender às necessidades destas novas geotecnologias, tornou-se fundamental o desenvolvimento de novos recursos como bancos de dados de alta capacidade de armazenamento, a criação de processos e métodos computacionais que se ajustassem às necessidades de mercado e a criação de *softwares* de geoprocessamento e de processamento de imagens com novos recursos. Tais *softwares* devem possuir a capacidade de analisar imagens digitais geradas por meio da aerofotogrametria e gerar dados espaciais em formato tridimensional, além de possuir recursos para o georreferenciamento de dados de levantamentos planialtimétricos e realizar medições de terrenos, como: distâncias, áreas e volumes. É o caso dos *softwares* de recobrimento para *drones*, como o *DroneDeploy* que tem a função coletar, gerenciar e interpretar os dados de *drones* a partir de planos de voo, como representado na Figura 4. A *DroneDeploy* foi fundada em 2013 por Mike Winn, Jono Millin e Nicholas Pilkington e atualmente seus clientes se estendem desde provedores individuais de serviço a corporações multinacionais (CHOWDHRY, 2017).

Figura 4 – Trajetória de voo por *drone* através de *software*



Fonte: DroneDeploy (2018)

Já o *software* de processamento de imagens *PhotoScan*, desenvolvido pela empresa *Agisoft* fundada em 2006 (AGISOFT LLC, 2018), vem ganhando reconhecimento por seus algoritmos de processamento de imagens, juntamente às técnicas de fotogrametria digital, as quais norteiam o desenvolvimento de ferramentas aplicáveis. Outro *software* que se destaca no processamento de imagens é o *Pix4D*, desenvolvido pela empresa de mesmo nome, fundada em 2011, derivada a partir da Escola Politécnica Federal de Lausanne (EPFL) na Suíça, tecnicamente solidificada e construída mediante anos de pesquisas acadêmicas (PIX4D S.A., 2018). Os *softwares* *PhotoScan* e *Pix4D* são especializados no processamento de dados e geração de imagens a partir do registro de caso por *drones*, sendo possível a criação de modelos 3D de alta qualidade, além de contar com recursos mais básicos como cálculo de volumes e áreas a partir das imagens aéreas.

Além dos *softwares* para processamento de imagens, existem também os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), ou em inglês *Geographic Information System* (GIS), que reúnem recursos matemáticos e computacionais para a apresentação e análise de dados espaciais. Um dos SIGs mais conhecidos é o *Quantum Geographic Information System* (QGIS), um *software* gratuito lançado em Julho de 2002, idealizado inicialmente por Gary Sherman e tornando-se posteriormente um projeto de sua equipe de desenvolvedores (QGIS BRASIL, 2018).

Uma das ferramentas disponíveis no QGIS é o *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), que possibilita a classificação de imagens para o estudo de uso do solo. O procedimento da classificação supervisionada consiste em coletar amostras da imagem em estudo que identifiquem as diversas classes de uso (água, vegetação, construção etc.). Com estas amostras, é possível gerar uma assinatura digital de cada classe e utiliza-las para efetuar a classificação do restante da imagem, pixel a pixel. A Figura 5 mostra uma imagem de satélite e a Figura 6 mostra a mesma imagem classificada.

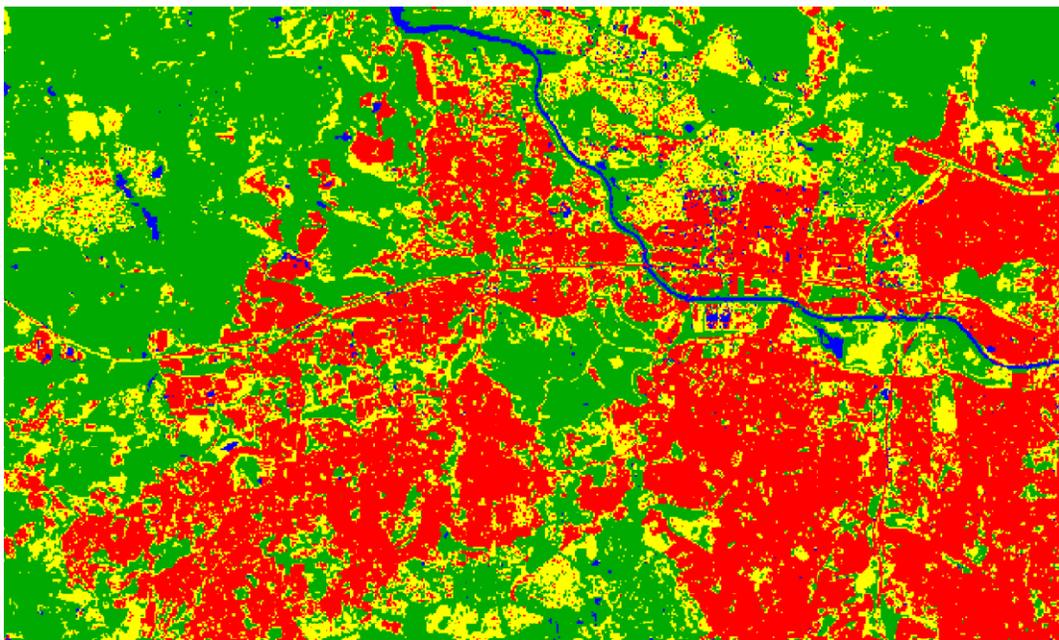
Além dos *softwares*, outro item fundamental para o mapeamento planialtimétrico são as câmeras, ou sensores embarcados, que podem ser desde câmeras digitais padrão *RGB* (*Red-Green-Blue*) passando pelas câmeras térmicas e até mesmo as câmeras multiespectrais, entre outras. As câmeras RGB conseguem captar apenas imagens na faixa do espectro visível pelo olho humano. Câmeras multiespectrais e térmicas captam energia de comprimentos de onda mais longos como o infravermelho, por exemplo. É por meio do sensoriamento remoto que estes sistemas de imagens operam, segundo Ghilani e Wolf (2013), “de modo semelhante ao olho humano, mas podem sentir ou “ver” por uma faixa muito mais ampla que os humanos”.

Figura 5 – Imagem original



Fonte: elaborado pela autora

Figura 6 – Imagem classificada

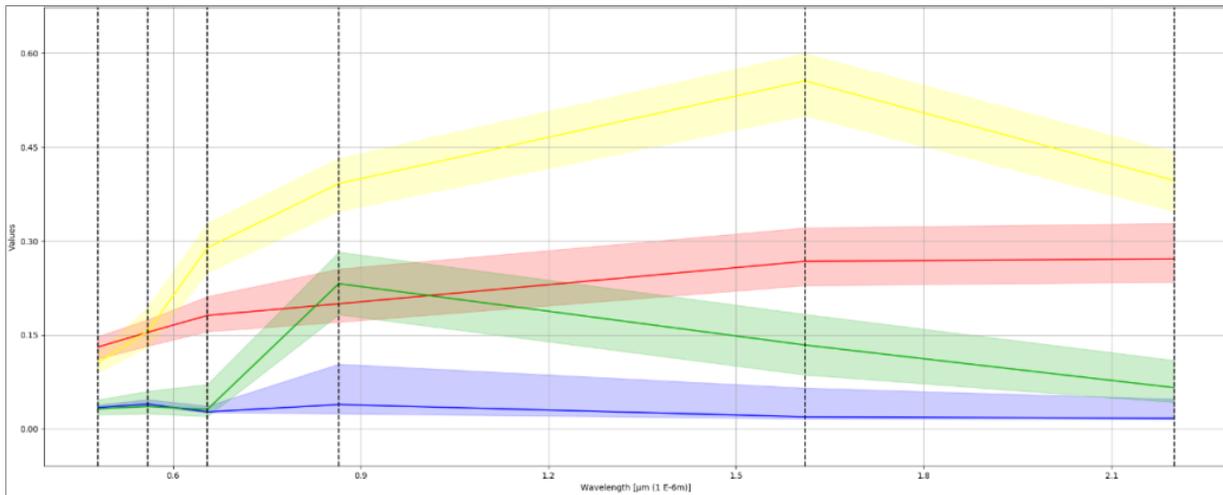


■ 1 - Agua      ■ 2 - Construcao      ■ 3 - Vegetacao      ■ 4 - Solo\_descoberto

Fonte: elaborado pela autora

Imagens com diversas bandas (multiespectrais) produzem uma assinatura espectral muito melhor do que as câmeras RGB, permitindo assim uma classificação supervisionada muito mais precisa. Analisando a Figura 7, percebe-se que a faixa de luz visível (RGB) se estende de aproximadamente 0,35 $\mu\text{m}$  a 0,75 $\mu\text{m}$ . Neste intervalo, as assinaturas estão muito próximas e a classificação se torna imprecisa. Já nos comprimentos de onda maiores (em torno de 1,5 $\mu\text{m}$ , por exemplo) as assinaturas podem ser diferenciadas mais facilmente.

Figura 7 – Assinaturas espectrais (reflectância x comprimento de onda).



Fonte: elaborado pela autora

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este projeto de pesquisa será desenvolvido no Laboratório de Geotecnologias (LABGEO) localizado no Prédio 4 do Campus Higienópolis da UPM, onde foram recentemente adquiridos equipamentos e recursos computacionais, como:

- *Drone DJI Phantom 4 Pro;*
- *RPAS DJI Matrice 100;*
- *Processador DJI Manifold;*
- *Sistema de detecção visual DJI Guidance;*
- *Câmera DJI Zenmuse X5;*
- *Câmera Multiespectral MicaSense Parrot Sequoia;*
- *Câmera Termal Flir DUO;*
- *Software Pix4D;*

- *Software Agisoft PhotoScan Professional*;
- entre outros.

### **3.1. Revisão da literatura**

Será realizada a revisão da literatura abrangendo os seguintes tópicos: principais funcionalidades e aplicações dos *RPAS* para a Engenharia, tipos de dados gerados através de *softwares* de mapeamento, técnicas computacionais para processamento e análise de dados topográficos, formas de representação de dados topográficos, principais funções computacionais aplicáveis para disciplinas relacionadas ao processamento de dados.

Também será realizado o estudo de novas tecnologias, como: câmeras RGB, câmeras multiespectrais, câmeras térmicas, *softwares* de processamento de imagens, processadores modulares em *drones*, entre outros.

### **3.2. Estudo de conceitos básicos de Geoprocessamento**

Nesta fase do projeto haverá a familiarização do pesquisador com os conceitos básicos de geoprocessamento, como também novos conceitos mais específicos entre eles: triangulação fotogramétrica, nuvem de pontos densa, modelos digitais de elevação (MDE), modelos digitais de terreno (MDT), mosaicagem, ortorretificação de imagens, exportação ortomosaica georreferenciada, curvas de nível, classificação supervisionada, termografia, linhas de contorno, entre outros.

### **3.3. Estudo da Legislação vigente de *drones* no Brasil**

A popularização dos *drones* junto ao fácil acesso pela parcela civil implicaram no culminante risco à segurança dos brasileiros. Desta forma, foram criadas Normas de Operação Brasileiras que permitem os voos dos veículos aéreos não tripulados pelos céus do Brasil, estabelecidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Tais normas serão citadas e discutidas neste projeto.

### **3.4. Coleta de material de estudo em campo**

Nesta parte da pesquisa deverão ser feitos voos em campo, utilizando *drones* e câmeras multiespectrais para o recobrimento de um território determinado. A trajetória da aeronave será definida a partir de planos de voo controlados por *software*. Os voos deverão ter a permissão

legal para serem realizados na data e local especificados. Após a coleta, os dados serão estudados e analisados em *software*, já em laboratório.

Para o georreferenciamento das imagens obtidas será necessário o levantamento de coordenadas de diversos pontos de controle no solo através de um *GNSS*.

### **3.5. Estudo dos *softwares PhotoScan e Pix4D***

A partir dos projetos produzidos serão analisados os resultados obtidos pelos *softwares* de processamento de imagens *PhotoScan* e *Pix4D*.

O *software PhotoScan* gera, ao final do processamento, um recurso de Relatório oferecido pela *Agisoft*, o qual promove a demonstração de status do plano de voo, apresentando itens como:

- ajustes e calibração;
- ajuste de arraste por meio do distanciamento da trajetória;
- correção com pontos de controle nos eixos cartesianos;
- entre outros.

Os dados deste relatório são extremamente requisitados por profissionais que atuam na área de Cartografia.

Enquanto que o *software Pix4D* é reconhecido pela alta qualidade de sobreposições de imagens e grande detalhamento no ortorretificação de áreas.

### **3.6. Estudo do *software QGIS***

O principal recurso de interesse neste *software* é a classificação de imagens, através da ferramenta *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*, a qual classifica pixel por pixel a imagem, de modo que é possível selecionar as áreas específicas de interesse, promover a composição de bandas e definir categorias ou amostras para as imagens, realizando uma classificação supervisionada.

### **3.7. Análise comparativa de procedimentos e *softwares***

Será produzida uma análise comparativa dos procedimentos que foram realizados utilizando os equipamentos topográficos tradicionais e dos procedimentos realizados com as novas geotecnologias e seu processamento via *software*.

Através dos projetos elaborados, haverá a comparação entre os *softwares PhotoScan Professional* e *Pix4D*, identificando características como: qualidade de imagens sobrepostas, ou



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGISOFT LLC. **Features – Professional Edition**. Disponível em:

<<http://www.agisoft.com/features/professional-edition/>>. Acesso em: 12 mar. 2018

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Drones**. Disponível em:

<<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>>. Acesso em: 10 mar. 2018

BRASILAGRO. **Drones podem aumentar a produtividade e reduzir custos na agricultura**.

Disponível em: <<https://brasilagro.wordpress.com/2015/07/07/drones-podem-aumentar-a-produtividade-e-reduzir-custos-na-agricultura/>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

CHOWDHRY, A. **The Story Behind DroneDeploy And How It Built The Largest Drone Mapping Repository**. Disponível em:

<<https://www.forbes.com/sites/amitchowdhry/2017/10/16/dronedeploy/#3a6abf36592d>>. Acesso em: 25 mar. 2018

DRONEDEPLOY. **Drone Mapping From Your Mobile**. Disponível em:

<<https://www.dronedeploy.com/app.html>>. Acesso em: 12 mar. 2018

GHILANI, C. D; WOLF, P.R. **Geomática**. São Paulo, Pearson, 2013.

NEWCOME, L. R. **Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aviation**. Universidade de Michigan, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004

PIX4D S.A. **About us**. Disponível em: <<https://pix4d.com/about-us/>>. Acesso em: 17 mar. 2018

QGIS BRASIL. **Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o Semi-Automatic Classification Plugin**. Disponível em: <[http://qgisbrasil.org/blog/wp-content/uploads/2015/08/tutorial\\_scp\\_01.pdf](http://qgisbrasil.org/blog/wp-content/uploads/2015/08/tutorial_scp_01.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2018

SILVA NETO, M. S. **A Invasão dos Drones**. *Webinar online*. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=45&v=g\\_IOXhyHkcM](https://www.youtube.com/watch?time_continue=45&v=g_IOXhyHkcM)>. Acesso em: 13 mar. 2018

SCUSSEL, A. **Drones são a evolução da fotogrametria?** Disponível em:

<<http://mundogeo.com/blog/2015/07/10/drones-sao-a-evolucao-da-fotogrametria/>>. Acesso em: 13 mar. 2018