

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – *CAMPUS* MONTE CARMELO

ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

GABRIEL DA SILVA GOUVEIA

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO PRODUTO DE RPAS NA DEMARCAÇÃO
DE VÉRTICES ARTIFICIAIS EM GEORREFERENCIAMENTO DE
IMÓVEIS RURAIS**

Monte Carmelo

2018

GABRIEL DA SILVA GOUVEIA

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO PRODUTO DE RPAS NA DEMARCAÇÃO
DE VÉRTICES ARTIFICIAIS EM GEORREFERENCIAMENTO DE
IMÓVEIS RURAIS**

Projeto de pesquisa apresentado como requisito para obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientadora: Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles

Coorientador: Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

Monte Carmelo

2018

GABRIEL DA SILVA GOUVEIA

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO PRODUTO DE RPAS NA DEMARCAÇÃO
DE VÉRTICES ARTIFICIAIS EM GEORREFERENCIAMENTO DE
IMÓVEIS RURAIS**

Profª. Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles, UFU.
(Orientadora)

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva, UFU.
(Coorientador)

Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil, UFU.
(Membro Convidado)

Homologado pelo Colegiado do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica em:

_____/_____/_____

Coordenador do Curso de Engenharia de
Agrimensura e Cartográfica

Monte Carmelo

2018

DEDICATÓRIA

A meus pais Silvano e Angela, aos meus irmãos Vinicius, Matheus e Isadora, e aos amigos por todo apoio e incentivo na conclusão do curso, dedico.

RESUMO

As geotecnologias têm avançado de forma intensa nos últimos anos. O mapeamento é uma das áreas que vem se beneficiando com os avanços dessas tecnologias. Exemplos são as Aeronaves Remotamente Pilotada (RPAs – do inglês *Remotely-Piloted Aircraft*), que atualmente são utilizadas para esse fim. O uso das RPAs foi recentemente aprovado no Brasil para o georreferenciamento de imóveis rurais, mas ainda com restrições. A variação de aspectos fisiográficos presentes no território nacional torna o mapeamento de grandes áreas destoante do nível de informação obtido em pequenas áreas. Diante disso, o uso dos RPAs, geralmente usado em mapeamentos de pequenas áreas, pode proporcionar agilidade na obtenção de dados, com confiabilidade e baixo custo, acelerando o processo de mapeamento. O georreferenciamento foi criado para estabelecer um padrão para os registros específicos de imóveis rurais, baseado na lei 10.267/2001. Nesse mapeamento, a determinação dos limites do imóvel deve ser por meio de coordenadas georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. Estas coordenadas têm precisão posicional fixada pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Neste sentido, este trabalho buscou avaliar a viabilidade do uso da tecnologia RPA para finalidade de georreferenciamento de imóveis rurais, especialmente no levantamento de vértices artificiais. Para tanto, foram realizados dois levantamentos de uma propriedade rural, sendo um convencional, com receptor *GNSS*, e outro com aerolevanteamento usando RPA. Os resultados mostraram que o aerolevanteamento apresentou qualidade geométrica superior àquela demandada pelas normas vigentes no país, sendo, portanto, uma ferramenta recomendada para esse fim.

Palavras-Chave: Georreferenciamento. RPA. PEC.

ABSTRACT

Geotechnologies have advanced strongly in recent years. Mapping is one of the areas that has benefited from the advances in these technologies. Examples are the Remotely Piloted Aircraft (RPAs), which are currently used for this purpose. The use of RPA was recently approved in Brazil for the georeferencing of rural properties, but with restrictions. The variation of physiographic aspects present in the national territory makes the mapping of large areas different from the level of information obtained in small areas. Therefore, the use of RPAs can provide agility in obtaining data, with reliability and low cost, accelerating the mapping process. Georeferencing is the mapping that was created to establish a standard for specific rural property records, based on law 10.267/2001. In this mapping, the property boundaries must be determined by georeferenced coordinates to the Brazilian Geodetic System. These coordinates have positional precision set by INCRA (National Institute of Colonization and Agrarian Reform). Thus, this research sought to evaluate the feasibility of using RPA technology for the purpose of georeferencing rural properties, especially in the survey of artificial vertices. For this, two surveys of a rural property were carried out, one conventional, with GNSS receiver, and the other with aerial survey using RPA. The results showed that the aerial survey presented a geometric quality superior to that demanded by current regulations in the country, being, therefore, a recommended tool for this purpose.

Keywords: Georeferencing. UAV. PEC.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
4.1 GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS	11
4.2 LEGISLAÇÕES ENVOLVIDAS NO GEORREFERENCIAMENTO	12
4.3 NORMAS PARA O USO DE DRONES NO GEORREFERENCIAMENTO	14
4.4 RPA E SUAS LEGISLAÇÕES (ANAC)	14
4.5 POSICIONAMENTOS POR GNSS	16
4.5.1 Classificação das Técnicas de Posicionamento GNSS Aplicados ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais	17
4.5.1.1 <i>Posicionamento Relativo</i>	17
4.5.1.2 <i>Posicionamento RTK Convencional</i>	18
4.5.1.3 <i>Posicionamento RTK em Rede</i>	19
4.6 FOTOGRAMETRIA	20
4.6.1 Câmaras	21
4.6.2 Correção Geométrica	22
4.6.3 Fototriangulação	23
4.7 QUALIDADE CARTOGRÁFICA	24
4.7.1 Acurácia Posicional	24
4.7.2 Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)	24
4.7.3 Análise da Qualidade Geométrica	25
5 MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 ÁREA DE ESTUDO	25
5.2 MATERIAL	26

5.3 MÉTODOS.....	27
5.3.1 Planejamento de Voo.....	28
5.3.2 Pré-sinalização dos Pontos de Controle	29
5.3.3 Levantamento Geodésico	30
5.3.4 Processamento de Dados <i>GNSS</i>	32
5.3.5 Fototriangulação	32
5.3.6 Vetorização das Feições	33
5.3.7 Análise e Classificação da Acurácia do Produto Final.....	36
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1 LEVANTAMENTO GEODÉSICO	38
6.2 DEFINIÇÃO DO LIMITE ARTIFICIAL	40
6.3 GEORREFERENCIAMENTO CONVENCIONAL (RECEPTOR <i>GNSS</i>).....	41
6.4 GEORREFERENCIAMENTO COM RPA	42
6.5 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA ORTOFOTO	43
6.6 DISCREPÂNCIAS DAS ÁREAS LEVANTADAS COM RPA E COM RECEPTOR <i>GNSS</i>	47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A área de geotecnologia vem crescendo de forma intensa nos últimos anos, isso devido aos desenvolvimentos nas áreas de informática e eletrônica, beneficiando vários campos de pesquisa. O mapeamento é uma das áreas que vem se beneficiando de forma considerável com os avanços dessas tecnologias; um exemplo disto são as Aeronave Remotamente Pilotada (RPAs – do inglês *Remotely-Piloted Aircraft*), popularmente conhecidas como Vant ou Drone, que surgiu inicialmente para necessidades militares e hoje são utilizados para diversos fins (AMORIM et al., 2016).

Os RPAs podem ser utilizados para lazer, “hobby”, competição, trabalhos profissionais, fins civis, pesquisa em universidades, dentre outros. Sendo eles equipamentos que usam uma tecnologia similar ao dos clássicos veículos de controle remoto. São produzidos com materiais resistentes e comandados a distância através de sinais de satélite ou via rádio.

O Brasil possui normas para a operação de aeronaves remotamente pilotadas. Os RPAs mais simples iniciaram a sua popularização nos últimos anos podendo qualquer pessoa encontrar o componente para venda em distintos sites internacionais ou em grandes lojas de eletrônicos. Da mesma forma de outra aeronave de aeromodelismo, não há restrição a sua compra, limitação de potência e tamanho do RPA.

As aeronaves não tripuladas tiveram recentemente a aprovação de uma norma autorizando o seu uso para georreferenciamento de moveis rurais. Isto foi de grande relevância para o mapeamento de imóveis rurais no país, pois, o Brasil tem uma extensão territorial relativamente grande, com aproximadamente de 8.514.876 km², e com ampla variedade de aspectos fisiográficos, tendo assim difícil acesso em determinadas regiões, que dificulta o acesso para mapeamento por técnicas convencionais, como a topografia/geodésia. Em se tratando de pequenas áreas, o alto custo da fotogrametria convencional também é um agravante. Diante disso, o uso dos RPAs pode proporcionar agilidade na obtenção de dados, confiabilidade e baixo custo, acelerando assim o processo de mapeamento de imóveis rurais, bem como no levantamento de dados referentes ao uso e ocupação do solo do país.

O georreferenciamento foi criado para estabelecer um padrão para os registros específico de imóveis rurais, baseado na lei 10.267/2001. Georreferenciar é localizar o imóvel na Terra, definindo a sua forma, dimensão e localização, por meio de métodos de levantamento topográfico, descrevendo os limites, características e confrontações do mesmo,

por meio de memorial descritivo que deve conter as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais (CPE, 2018).

A determinação dos limites do imóvel deve ser por meio de coordenadas georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. Estas coordenadas devem ter precisão posicional fixada pelo INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Nos termos do artigo 176, §3º, da Lei nº. 6.015/73, a identificação do imóvel rural objeto de desmembramento, parcelamento, remembramento ou de qualquer hipótese de transferência deverá ser obtida a partir de memorial descritivo, firmado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART (BRASIL, Lei 10.267, 2001).

O georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil é obrigatório em alguns casos, para imóveis acima de determinado valor de módulos fiscais. Desde o início da Lei 10.267, em 2001, o INCRA vem trabalhando no sentido de implantar o georreferenciamento em todo o País. A tarefa de georreferenciar exige a visita em campo, ao local em que se deseja legalizar, com equipamentos de medidas topográficas específicas. Embora exista esse trabalho de campo, há locais alagados/brejos em que não é possível a entrada no local exato da medição, dificultando o uso de equipamentos tradicionais da topografia, como teodolitos/estações/GNSS. O uso do RPA seria uma possibilidade, mais econômica, de mapear uma área sem a necessidade de entrar no local.

Neste sentido, este trabalho busca avaliar a viabilidade do uso da tecnologia RPA para finalidade de georreferenciar imóveis rurais, especialmente no levantamento de vértices artificiais, verificando se os dados coletados atendem as normas estabelecidas pelo INCRA.

2 OBJETIVOS

Avaliar a viabilidade do uso da tecnologia RPA no levantamento de vértices artificiais no processo de georreferenciamento de imóveis rurais. Para tanto, são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- Georreferenciar a área de estudo com uso de receptores *GNSS*;
- Avaliar e classificar a qualidade da ortofoto gerada por meio de imagens levantadas pelo RPA;
- Definir os vértices virtuais em áreas alagadas/brejos;
- Estimar os vértices artificiais e avaliar a precisão posicional do limite da área de estudo resultante do aerolevanteamento, tendo em vista a 3ª Edição da

3 JUSTIFICATIVAS

A implantação de uma base cartográfica consistente e densa em um País não é um processo simples, pelo contrário, é uma tarefa árdua e de uma complexidade considerável. O controle posicional do território é de fundamental importância na gestão e desenvolvimento nacional, entretanto, mesmo com o surgimento da Lei 10.267/01, que impõem a obrigatoriedade da descrição do imóvel rural, em seus limites, características e confrontações, o Brasil ainda enfrenta limitações quanto à delimitação territorial, principalmente por ser um país com extensão continental (PELEGRINA et al., 2016).

Assim, o surgimento de novas tecnologias no mercado tende a impactar positivamente este cenário, uma vez que, podem promover minimização no tempo de coleta e otimização do processo. Porém, tais tecnologias precisam ser testadas, para analisar qual a sua potencialidade em determinadas áreas. Um exemplo refere-se ao emprego de RPAs em atividades que envolvam o georreferenciamento de imóveis rurais.

Além da grande extensão territorial do País e da dificuldade de acesso em determinadas regiões do Brasil, os profissionais enfrentam ainda os conflitos fundiários, nos quais a tensão causada pela disputa por terras tem se agravado e aumentando o número de mortos em conflitos agrários (JUSBRASIL, 2013). Nesses casos, é comum a exposição do perito a eventos que lhe proporcionem risco de vida, pois muitas das vezes as partes envolvidas na ação, julgam-se prejudicadas no trabalho executado pelo profissional. O uso do RPA pode facilitar esse tipo de serviço, porque não é necessário entrar especificamente no local, sendo possível coletar pontos de controle nos arredores da área e o imageamento é feito por cobertura aérea.

Diante deste contexto, o projeto analisa a viabilidade do emprego da fotogrametria por meio de RPA para fins de georreferenciamento de imóveis rurais, principalmente em áreas de difícil acesso. O uso do RPA nesse tipo de serviço é uma abordagem recente e de baixo custo, o que traz outros ganhos como as altas resoluções espacial e temporal.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

No Brasil, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), em atendimento ao que se recomenda na Lei 10.267/01 e de acordo com a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR), estabelece a obrigatoriedade de descrever seus limites, características e confrontações por meio de um memorial descritivo executado por profissional credenciado (INCRA, 2009).

Atualmente a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais se encontra na 3ª edição. Essa norma é formada por um conjunto de diretrizes para execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, sendo responsável por estabelecer padrões de levantamentos e precisão para os diferentes tipos de limites. A NTGIR traz junto o Manual Técnico de Limites e Confrontações e o Manual Técnico de Posicionamento, ambos apresentam as metodologias utilizadas no georreferenciamento de forma a estabelecer um diálogo entre os profissionais que atuam na área.

O Manual Técnico de posicionamento apresenta quais os métodos de posicionamento GNSS podem ser utilizados ao levantar uma determinada feição de um imóvel. Neste manual estão descritos os métodos de posicionamento que podem ser utilizados nos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, há viabilidade de obtenção de coordenadas através de bases cartográficas, determina quais métodos podem ser aplicados no posicionamento de vértices de limite e vértices de apoio, estabelece a compatibilidade entre métodos de posicionamento e tipos de vértices e detalha formulações matemáticas para conversão de coordenadas geocêntricas para locais estabelecendo a utilização do *Sistema Geodésico Local* (SGL) para cálculo de área (INCRA, 2013).

O Manual Técnico de Limites e Confrontações detalha como e o que deve ser realizado e levantado dentro da propriedade rural. Está descrito neste manual, uma série de definições essenciais para entendimento e consequente aplicação das orientações, como as orientações para proceder à identificação e descrição dos limites dos imóveis rurais, aborda a identificação da confrontação, de forma que não se considera como confrontante o proprietário e sim o imóvel e trata dos procedimentos a serem seguidos para os casos de alteração de parcela certificada (INCRA, 2013).

A 3ª edição da NTGIR foi lançada em 2013 para substituir a 2ª NTGIR, trazendo assim alterações nas precisões para diferentes tipos de limites, como se mostra na **Tabela 1**. Com a atualização NTGIR torna-se possível a utilização de técnicas de sensoriamento remoto utilizando imagem de satélite georreferenciadas para aquisição de coordenadas de vértices do tipo P (Vértice medido e não materializado), aerofotogrametria, radar aerotransportado, laser scanner aerotransportado e sensores orbitais (ALMEIDA, 2015).

Tabela 1 - Padrões de precisão de acordo com os tipos de limites.

Tipo de Limite	Precisão
Limites artificiais	Melhor ou igual a 0,50 m
Limites naturais	Melhor ou igual a 3,00 m
Limites inacessíveis	Melhor ou igual a 7,50 m

Fonte: Adaptado INCRA (2013).

A principal alteração da NTGIR é a utilização do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), sendo esse um banco de dados implementado pelo INCRA, para assim ter uma certificação de forma automatizada. Para acesso ao sistema, o profissional credenciado necessita ter um certificado digital (token), preencher uma planilha no formato ODS com as informações exigidas pelo INCRA, este documento em formato ODS tem que ser anexado no site do sistema, porém o mapa, o memorial descritivo e a carta de anuência continuam sendo exigidos para o Cartório em obediência e lei nº 6.015/73. Dessa forma, não sendo encontradas inconsistências ou sobreposição de áreas, o sistema gera a planta e o memorial descritivo do imóvel com a certificação.

4.2 LEGISLAÇÕES ENVOLVIDAS NO GEORREFERENCIAMENTO

Segundo TALASKA e ETGES (2012), a partir do vigor da lei nº 10.267/2001, ficou estabelecido à obrigatoriedade do georreferenciamento e da certificação de todo imóvel rural brasileiro, em especial os que passarem por situações de transferência de titularidade, como: desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais.

Essa lei foi regulamentada pelo decreto nº 4.449, de 30 de outubro de 2002, que altera dispositivos das leis nº 4.947, de 6 de abril de 1966, de nº 5.868, de 12 de dezembro de 1972, de nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, de nº 6.739, de 5 de dezembro de 1979, e de nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências (BRASIL, 2001).

Também foram alterados pela Lei nº 10.267, os artigos 169, 176, 225 e 246 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos). Dentre as mudanças, destaca-se o § 3º do Art. 176, (BRASIL, 2001).

Dispõe o art. 176, § 3º da Lei de Registros Públicos:

§ 3o Nos casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais, a identificação prevista na alínea a do item 3 do inciso II do § 1o será obtida a partir de memorial descritivo, assinado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA, garantida a isenção de custos financeiros aos proprietários de imóveis rurais cuja somatória da área não exceda a quatro módulos fiscais.

Ao longo dos anos foram várias as alterações e modificações realizadas na Lei referente ao georreferenciamento de imóveis rurais, buscando uma forma clara e simplificada de representação dos limites das propriedades rurais no Brasil.

Segundo Almeida (2015, p.22), “devido à má elaboração dos prazos, mais tarde, o Poder Executivo alterou-o em seu Art. 10 através do decreto 5.570/05”. Embora o principal foco deste decreto seja a correções dos prazos para o georreferenciamento, isso não impediu melhoras em outros dispositivos da Lei, dentre eles a obrigatoriedade do georreferenciamento em casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento.

Art. 10, § 2o Após os prazos assinalados nos incisos I a IV do caput, fica defeso ao oficial do registro de imóveis a prática dos seguintes atos registrares envolvendo as áreas rurais de que tratam aqueles incisos, até que seja feita a identificação do imóvel na forma prevista neste Decreto:

I - desmembramento, parcelamento ou remembramento;

II - transferência de área total;

III - criação ou alteração da descrição do imóvel, resultante de qualquer procedimento judicial ou administrativo.

Em 15 de março de 2018 o art. 10 do Decreto 4.449 definiu novos prazos para o georreferenciamento, como ilustra a **Tabela 2**. Com essa alteração houve uma prorrogação no prazo para imóveis abaixo de 250 ha (INCRA, 2013).

No decorrer do tempo, foram várias as modificações e alterações realizadas na Lei 10.267/2001, com a missão de representar de maneira clara e simplificada os limites das propriedades rurais do país (ALMEIDA, 2015).

Tabela 2 – Prazos para realização do Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Área do Imóvel Rural	Prazo para Realização
Acima de 250 ha	Vigente no momento
100 ha – 250 ha	20/11/2018
25 ha – 100 ha	20/11/2023
Abaixo de 25 ha	20/11/2025

Fonte: INCRA (2013).

4.3 NORMAS PARA O USO DE DRONES NO GEORREFERENCIAMENTO

Em 2013 foi publicado a 3ª Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (3ª NTGIR), o regulamento explica de maneira sucinta a utilização de tecnologias como: Aerofotogrametria, Radar aerotransportado, Laser scanner aerotransportado e Sensores orbitais (satélites) para fins de georreferenciamento. Nesse sentido, em 19 de fevereiro de 2018, foi publicada a Norma de Execução INCRA/DF/Nº 02, responsável por estabelecer critérios destinados a aplicação e a avaliação de produtos gerados a partir de aerofotogrametria por RPA para determinação de coordenadas de vértices definidores de limites de imóveis rurais em atendimento ao parágrafo 3º do artigo 176 da Lei Nº 6.015.

Esta Norma de Execução estabelece que somente os profissionais habilitados a trabalhar com a aerofotogrametria poderão assinar, desde que utilizem uma Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) específica para serviços de georreferenciamento de imóveis rurais.

Dessa forma os produtos gerados pela aerofotogrametria deverão ter no mínimo 20 pontos de apoio para a checagem/verificação, sendo também aplicados testes estatísticos que comprovem a normalidade das discrepâncias posicionais de forma a atender a precisão imposta pelo no Manual Técnico de Posicionamento para os limites, com exceção para os vértices tipo M, sendo estes materializados em campo através de marcos utilizando de métodos convencionais.

4.4 RPA E SUAS LEGISLAÇÕES (ANAC)

Inicialmente as aeronaves não tripuladas surgiram para atender fins militares, para controle e domínio territorial sendo hoje utilizadas para diversas aplicações de uso civil. (LONGHITANO, 2010).

São encontradas diversas denominações para veículos aéreos remotamente pilotados, no Brasil os mais populares são drone (zangão em inglês) e VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), mais recentemente tem se difundido o uso do termo RPA (Aeronave Remotamente Pilotada, do inglês *Remotely Piloted Aircraft*) (ANAC, 2017). Outras definições também são utilizadas para designar estas aeronaves, como: ROA (*Remotely Operated Aircraft*); RPV (*Remote Piloted Vehicle*), AROD (*Airborne Remotely Operated Device*) e UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) (LONGHITANO, 2010).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) define aeromodelos como: “as aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas usadas para recreação e lazer e as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) são as aeronaves não tripuladas utilizadas para outros fins como experimentais, comerciais ou institucionais” (ANAC, 2017).

Para utilização de RPA no Brasil deve-se obedecer ao Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/1027, sendo este complementar as normas de operação de drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Sua fiscalização caberá aos órgãos públicos de segurança pública e por parte da ANAC, a fiscalização será incluída no programa de vigilância continuada e as denúncias recebidas (ANAC, 2017).

A regulamentação se baseia em função do peso de cada RPA. Assim, é considerado de acordo com o peso total de decolagem do aeromodelo, os pesos do equipamento, combustível ou bateria, câmera, e de qualquer outra carga eventualmente transportada. O **Quadro 1** demonstra as possíveis classes e exigências de aeronavegabilidade que um RPA pode se enquadrar de acordo com as normas vigentes.

Quadro 1 – Categoria e exigência das aeronaves remotamente pilotadas.

Classe	Peso máximo de decolagem	Exigências de aeronave
Classe 1	Acima de 150 kg	A regulamentação prevê que equipamentos desse porte sejam submetidos a processo de certificação similar ao existente para as aeronaves tripuladas, promovendo ajustes dos requisitos de certificação ao caso concreto. Esses drones devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 2	Acima de 25 kg e abaixo ou igual a 150 kg	O regulamento estabelece os requisitos técnicos que devem ser observados pelos fabricantes e determina que a aprovação de projeto ocorrerá apenas uma vez. Além disso, esses drones também devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 3	Abaixo ou igual a 25 kg	A norma determina que as RPA Classe 3 que operem além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m) deverão ser de um projeto autorizado pela ANAC e precisam ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones dessa classe que operarem em até 400 pés (120m) acima da linha do solo e em linha de visada visual (operação VLOS) não precisarão ser de projeto autorizado, mas deverão ser cadastradas na ANAC por meio do

		sistema SISANT, apresentando informações sobre o operador e sobre o equipamento. Os drones com até 250g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua finalidade (uso recreativo ou não).
--	--	---

Fonte: ANAC (2017).

A legislação proposta pela ANAC determina também que os pilotos de RPA e seus observadores (que auxiliam o piloto) devem ter no mínimo 18 anos e a aeronave deve estabelecer uma altura mínima de 30 metros de altura para evitar acidentes. A utilização da Fotogrametria por meio das RPAs vem crescendo, essa tecnologia apresenta um vasto número de aplicações, é capaz de proporcionar mapeamentos de áreas com o uso de fotografias aéreas com maior flexibilidade a um custo inferior aos levantamentos fotogramétricos convencionais. (FAVARIN et al., 2013).

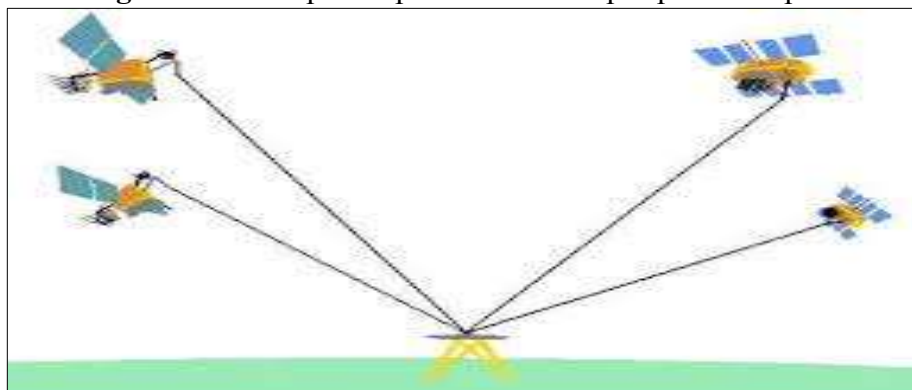
O georreferenciamento de imóveis rurais com uso RPA vem sendo testado e obtendo bons resultados, pois a tecnologia é capaz de cobrir grandes áreas em um curto intervalo de tempo. Geralmente as imagens obtidas estão desprovidas de cobertura de nuvens e uma resolução espacial de poucos centímetros, sendo assim capaz de atender as precisões dos limites rurais estabelecidas pelo INCRA.

4.5 POSICIONAMENTOS POR GNSS

Inicialmente desenvolvido para fins militares, hoje este sistema de posicionamento é utilizado para diversos fins civis como: navegação, posicionamento geodésico, agricultura, monitoramento de estruturas. Na literatura são encontrados dois métodos principais de posicionamento utilizando receptores *GNSS*, sendo eles: posicionamento por ponto ou absoluto e posicionamento relativo. Esta classificação está relacionada a qual referencial adotado. No posicionamento absoluto as coordenadas do objeto de estudo estão diretamente associadas ao geocentro (centro de massa da terra), e no posicionamento relativo, a posição do objeto é determinada com relação a um referencial materializado por um ponto com coordenadas conhecidas, chamados de estação(ões) base (MONICO, 2008).

Para obter as coordenadas tridimensionais do receptor vinculado ao sistema de referência geodésico é preciso ter no mínimo 4 satélites disponíveis, sendo que o quarto satélite é necessário devido ao erro do relógio do receptor ser inserido como uma incógnita adicional no modelo matemático. A **Figura 1** mostra uma ilustração do princípio do posicionamento.

Figura 1 - Princípio do posicionamento por ponto simples.



Fonte: IBGE(2008).

No Brasil os levantamentos geodésicos estão vinculados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), coordenado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE é o responsável pela implantação e manutenção do SGB, composto principalmente pelas redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica.

A adoção de novos sistemas de referência foi imposta a partir do surgimento de sistemas globais de navegação por satélite. O intuito era tornar os sistemas compatíveis com a precisão dos métodos de posicionamento correspondente, e aos sistemas adotados a nível global. De acordo com o IBGE (2014), o estabelecimento do Sistema de Referência Geocêntrica para as Américas (SIRGAS) marcou o atendimento dessa demanda, em 25 de fevereiro de 2005, como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN).

4.5.1 Classificação das Técnicas de Posicionamento *GNSS* Aplicados ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais

O manual Técnico de Posicionamento apresenta diversas técnicas de posicionamento com o uso de receptores *GNSS* que podem ser utilizadas no georreferenciamento. Dentre elas estão posicionamento relativo (estático, estático-rápido, semicinemático, cinemático, a partir do código C/A), *RTK – Real Time Kinematic* (rede e convencional), DGPS e PPP.

4.5.1.1 Posicionamento Relativo

No posicionamento relativo podem ser utilizadas as observáveis da fase da onda portadora ou pseudodistância, ou as duas em conjunto, normalmente são adotadas a fase da onda portadora, pois essa observável proporciona uma melhor precisão. Neste tipo de

posicionamento são utilizados dois ou mais receptores de simples (L1) ou dupla frequência (L1/L2) que rastreiam simultaneamente, os satélites visíveis (MONICO, 2008).

O tempo de rastreio é fator determinístico que diferencia os métodos estático e estático-rápido. O método relativo estático tem um tempo de ocupação maior, que pode variar de dezenas de minutos (20 minutos no mínimo) até algumas horas. Já o posicionamento estático rápido segue o mesmo princípio do posicionamento estático, neste método a ocupação não ultrapassa 20 minutos, sua grande vantagem é a produtividade.

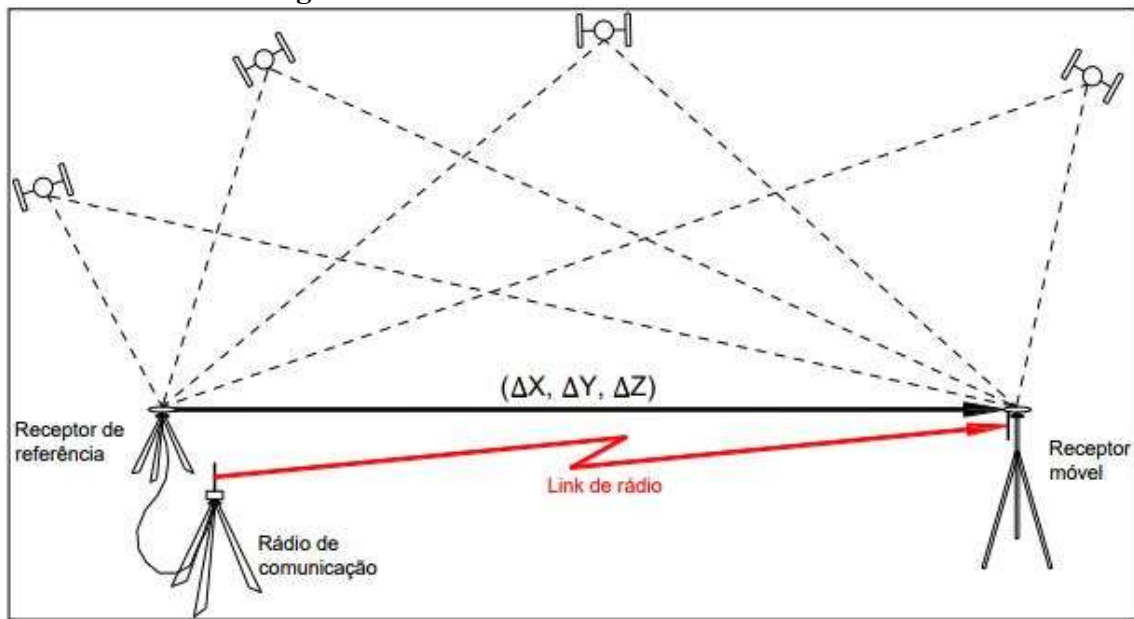
Neste método as coordenadas de interesse (vértice de interesse) são determinadas a partir de um ou mais coordenadas conhecidas (vértice de referência). Geralmente em um trabalho de georreferenciamento é necessário que pelo menos um receptor ocupe um vértice de referência (base) enquanto o outro percorre os vértices de interesse (rover).

4.5.1.2 Posicionamento RTK Convencional

O posicionamento *Real Time Kinematic (RTK)*, traduzindo posicionamento relativo em tempo real, fundamenta na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites. São utilizados dois receptores, um receptor fica instalado no vértice de referência, o outro receptor móvel percorre os vértices de interesse, coletando dados nos pontos de interesse, proporcionando assim, o conhecimento em tempo real de coordenadas precisas dos vértices levantados (BARBOSA ET al., 2010).

No *RTK*, um link de rádio do receptor instalado no vértice de referência transmite os dados de correção ao receptor que percorre os vértices de interesse. Os erros que envolvem o processo, como da ionosfera, troposfera, órbita dos satélites, entre os outros, estão diretamente ligados a distância da linha base, que restringe a distância da estação de referência e o usuário, o alcance da transmissão das ondas de rádio limita a área de abrangência do levantamento (INCRA, 2013). A **Figura 2** ilustra a técnica de levantamento *RTK* convencional, mostrando os equipamentos, tecnologias e suas distribuições no espaço.

Figura 2 – Posicionamento *RTK* convencional.



Fonte: INCRA (2013).

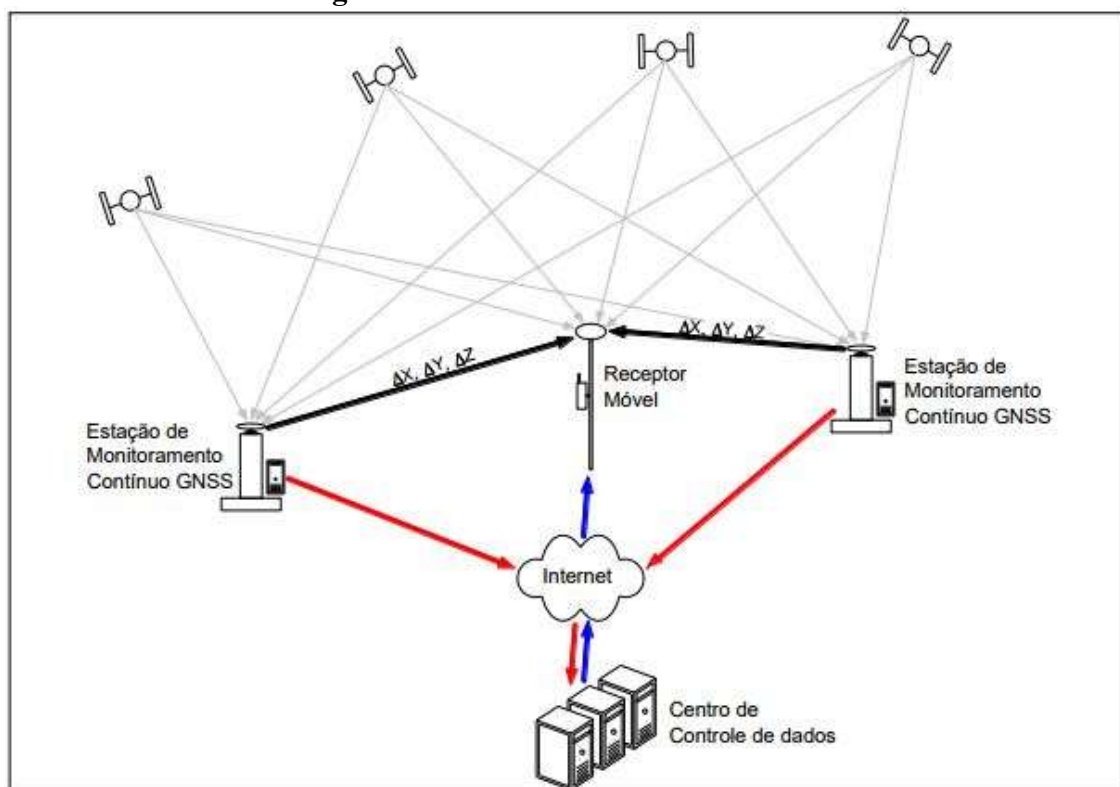
4.5.1.3 Posicionamento *RTK* em Rede

O posicionamento *RTK* em rede diferencia-se do *RTK* convencional, pois utiliza várias estações de monitoramento contínuo que estão conectadas a um servidor central, que a partir disso são distribuídos através da internet, os dados de correção aos receptores móvel (INCRA, 2013).

De acordo com Barbosa (2010), é possível afirmar que:

A utilização de um número maior de estações de referência permite realizar a combinação das observações por meio de modelagem, e assim tratar os erros atmosféricos dentro da área de abrangência da rede. A modelagem dos erros facilita a solução correta das ambiguidades da fase da onda portadora, condição indispensável para obtenção da acurácia a nível centímetro no posicionamento.

A **Figura 3** ilustra o funcionamento do posicionamento *RTK* em rede.

Figura 3 - Posicionamento RTK em rede.

Fonte: INCRA (2013).

4.6 FOTOGRAMETRIA

A fotogrametria consiste em um processo de medições gráficas utilizando fotografias obtidas pela captura de luz. Segundo Tommaselli (1999), o advento de novos sensores trouxe uma definição mais abrangente no ano de 1979, proposta pela *American Society of Photogrammetry*, como: “Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes”.

De acordo com Coelho e Brito (2007), a fotogrametria pode ser definida também como uma ciência e tecnologia, que capacita a reconstrução do espaço 3D a partir de imagens em 2D provenientes da gravação de padrões de ondas eletromagnéticas obtidas remotamente.

A fotogrametria pode ser classificada também quanto à plataforma em que o sensor se acopla de acordo com a sua finalidade, podendo ser terrestre, aérea ou orbital. As finalidades são diversas e dentre as gamas de aplicações da fotogrametria terrestre pode ser citado controle industrial, na engenharia civil e arquitetura, nas artes plásticas e na conservação de patrimônios históricos. A fotogrametria aérea, porém, está normalmente associada a trabalhos

na área da geomática e suas incontáveis aplicações no meio ambiente planejamento e monitoramento. Na fotogrametria orbital é ressaltado escalas muito pequenas que visam uma visão geral e possíveis intervenções estratégicas em várias áreas (COELHO et al., 2007).

4.6.1 Câmaras

Câmeras também podem ser ditas como sensores. Um sensor se caracteriza por ser um equipamento capaz de coletar a energia de algum alvo específico e converte-la em sinais interpretáveis. O intuito é a apresentação dos sinais de uma forma que seja possível à extração de informação. As câmeras se caracterizam por ser dispositivos que apenas captam a energia refletida por alvos, na maior parte das vezes energia eletromagnética emitida pelo sol, podendo dizer assim, que são sensores passivos.

De acordo com Palermo e Leite (2013), pode-se identificar no sistema geométrico de uma câmara a principal diferença que a caracteriza. Pode-se citar que na fotogrametria as câmaras recebem duas classificações, podendo elas ser métricas ou não métricas.

As câmaras na qualidade de métricas são representadas por modelos mais robustos, com um sistema de lentes de alta qualidade geométrica, dispositivos de “planura” e com marcar fiduciais. Ao oposto das câmaras métricas as câmeras não métricas se caracterizam por não apresentar exatidão geométrica evidenciando uma maior simplicidade e consequentemente menores custos.

A qualidade geométrica é potencializada quando a câmera dispõe de dispositivos de compensação dos ângulos de orientação (ω , ϕ , κ). Além disso, métodos diversos de calibração de câmaras objetivam o melhoramento em qualidade dos serviços empregados pela câmara, por meio da correção de parâmetros internos, trazendo-os o mais próximo para o original possível.

De acordo com Andrade (1998), os métodos de laboratório ainda são os mais usados por quem realiza esses trabalhos. Na maioria das vezes esse serviço é ofertado pelas empresas fabricantes. Uma estratégia é a calibração em campo, próximo ao objeto de estudo, trazendo a uma aproximação com a realidade a ser encontrada em campo. Normalmente, toda vez que a câmera passa por algum distúrbio, deixando clara alteração nas marcas fiduciais, no plano do filme e as relações de dimensões entre as lentes, a mesma deve passar por um processo de recalibração.

4.6.2 Correção Geométrica

Em profissões nas quais se trabalha com medição é importante que o profissional tenha conhecimento que erros são qualidades inerente à medida, sendo de total responsabilidade do próprio minimizar a participação desses erros no resultado final. Segundo (DIAS et al., 2014), em fotogrametria, as imagens adquiridas através de sensores remotos apresentam distorções geométricas da classe de erros sistemáticos, passíveis de modelagem matemática e posterior correção. Entre elas pode-se citar: o movimento de rotação da Terra e sua curvatura, distorções panorâmicas, oriundas da posição, velocidade e altitude da plataforma, distorções topográficas, das lentes, entre outros.

A correção geométrica interna é importante porque caracteriza-se como ponto de partida para seguir com os processos fotogramétricos, de fototriangulação e interseção espacial. Nesta etapa, tornam-se as imagens referenciadas a um sistema métrico específico (COELHO et al., 2007). Também chamada de orientação interior (OI), a correção geométrica interna visa corrigir interferências provocadas por condições atmosféricas adversas, que podem causar refração do feixe de luz e distorções ocasionadas pela forma e textura das lentes (DIAS et al., 2014).

Em muitos dos casos na fotogrametria digital, a correção ou orientação interior não é necessária. Isso se deve à utilização de câmeras métricas, que apresentam parâmetros de transformação de OI, onde o sensor é rígido, não havendo deformações. Em caso contrário, na utilização de câmaras não métricas, é necessário a calibração para a determinação desses parâmetros (DIAS et al., 2014).

A correção geométrica externa, ou orientação exterior (OE), na fotogrametria digital consiste em orientar cada uma das imagens em relação ao sistema de coordenadas do espaço-objeto (COELHO et al., 2007). Desta forma, ela ainda possibilita recuperar a posição e altitude do sensor no instante da tomada da foto. De acordo com Andrade (1998), é necessário se ter o conhecimento de todos os parâmetros da orientação exterior para cada imagem. Estes parâmetros são compostos pelas coordenadas X_0 , Y_0 e Z_0 , bem como os ângulos de Euler ω , φ e κ , que representa a sua rotação em torno de cada eixo e a definição de sua altitude.

A interseção espacial utiliza-se da equação de colinearidade e permite a obtenção das coordenadas tridimensionais no sistema de espaço-objeto para qualquer ponto, desde que se conheçam os parâmetros de orientação exterior de cada imagem, que esteja na área de sobreposição (COELHO et al., 2007).

4.6.3 Fototriangulação

A fototriangulação constitui-se em um processo fotogramétrico que tem por finalidade determinar as coordenadas de pontos no espaço-objeto. Quando as imagens tomadas têm como plataforma uma base aérea, podemos chamar esse método de aerotriangulação. A fototriangulação por meio de relações geométricas entre fotos consecutivas tomadas através de um método específico, controle de campo e conhecimento aproximado dos parâmetros do sensor.

Esse método marcou um grande avanço em questões de produtividade, porque tornou possível a determinação de uma infinidade de pontos no terreno por meio da interpolação de alguns pontos específicos. Em questões econômicas e de tempo, pode-se dizer que isso tornou o levantamento topográfico e geodésico não viável, principalmente se aplicado em grandes extensões territoriais. O apoio de campo só se mostra necessário para relacionar o levantamento a um referencial, sendo necessária uma distribuição coerente por todo o terreno para uma representação mais ajustada à realidade.

Para a determinação das coordenadas no espaço-objeto há a necessidade da utilização do modelo matemático da colinearidade na transformação das coordenadas do espaço-imagem. As equações que englobam o modelo partem então, da relação entre um ponto x (na imagem) e a distância focal (c), e entre um ponto X (no terreno) e a distância Z do centro fotogramétrico ao objeto. Tem-se assim para x e y as equações apresentadas em (1) e (2).

$$x = -c * \frac{X}{Z} \quad (1)$$

$$y = -c * \frac{Y}{Z} \quad (2)$$

De acordo com Dias et al (2014 apud HASEGAWA, 2004), pode-se definir as coordenadas x e y da imagem, a partir das seguintes equações (3) e (4).

$$x = -c * \left[\frac{m_{11} * (X - X_{cp}) + m_{12} * (Y - Y_{cp}) + m_{13} * (Z - Z_{cp})}{m_{31} * (X - X_{cp}) + m_{32} * (Y - Y_{cp}) + m_{33} * (Z - Z_{cp})} \right] \quad (3)$$

$$y = -c * \left[\frac{m_{21} * (X - X_{cp}) + m_{22} * (Y - Y_{cp}) + m_{23} * (Z - Z_{cp})}{m_{31} * (X - X_{cp}) + m_{32} * (Y - Y_{cp}) + m_{33} * (Z - Z_{cp})} \right] \quad (4)$$

Sendo:

c = distância focal da câmara;

x, y = coordenadas do ponto na imagem;

X, Y, Z = coordenadas do ponto no terreno ou espaço objeto;

$m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{21}, m_{22}, m_{23}, m_{31}, m_{32}, m_{33}$ = elementos da matriz de rotação que relaciona os ângulos de Euler.

4.7 QUALIDADE CARTOGRÁFICA

4.7.1 Acurácia Posicional

A acuraria posicional de um dado é feita “comparando, estatisticamente, o posicionamento horizontal e vertical deste dado em relação a posição mais provável no terreno (obtida de um produto ou método mais acurado que o original)” (SANTOS, 2010, p.46).

De acordo com Dias et al (2014), a acurácia posicional está ligada a erros sistemáticos e aleatórios, o que a diferencia da precisão que está associada somente a erros aleatórios. Em casos, em que dados são usados como referencial posicional em arquivos cartográficos, esses dados devem ter a acurácia de no mínimo três vezes a acurácia do arquivo que está em análise.

4.7.2 Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)

A acuraria posicional de um dado é feita “comparando, estatisticamente, o posicionamento horizontal e vertical deste dado em relação à posição mais provável no terreno (obtida de um produto ou método mais acurado que o original)” (SANTOS, 2010, p.46).

Dependendo do valor do PEC e do Erro Planimétrico as cartas podem ser classificadas em classes que são A, B ou C, expostas na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Classificação da carta segundo o PEC, de 1984

Classe	Planimetria		Altimetria	
	PEC (mm)	EP (mm)	PEC (mm)	EP (mm)
A	0,5 x Ec.	0,3 x Ec.	1/2 x Eq.	1/3 x Eq.
B	0,8 x Ec.	0,5 x Ec.	3/5 x Eq.	2/5 x Eq.
C	1,0 x Ec.	0,6 x Ec.	3/4 x Eq.	1/2 x Eq.

Fonte: Dias (2014).

A Comissão Nacional de Cartografia estipulou alguns parâmetros para o Padrão de Exatidão Cartográfico Digital (PEC-PCD), exibido na **Tabela 4**.

Tabela 4 - PEC Digital (PEC-PCD)

PEC-PCD	1:1000		1: 2000		1:5000		1:10000	
	PEC (m)	EP(m)	PEC (m)	EP(m)	PEC (m)	EP(m)	PEC (m)	EP(m)
A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70
B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00
C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00
D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00

Fonte: Dias et al. (2014).

4.7.3 Análise da Qualidade Geométrica

A análise da qualidade geométrica é basicamente fazer a verificação “entre as coordenadas do ponto obtidas na imagem com as coordenadas levantadas em campo, obtidas por técnicas de elevada precisão” (Dias et al, 2014, p.47).

A exatidão cartográfica é um parâmetro para análise de mapas digitais, cujo para sua avaliação é indispensável que se determine a sua extensão amostral, variedades de amostras e também os métodos que serão utilizados para autenticar as propriedades dos mapas (Dias et al, 2014, p.47).

Para executar a verificação estatística entre as coordenadas por meio de pontos estabelecidos como sendo de controle, pode ser feito aplicando “análises de tendência e de precisão” (Dias et. al, 2014, p.47).

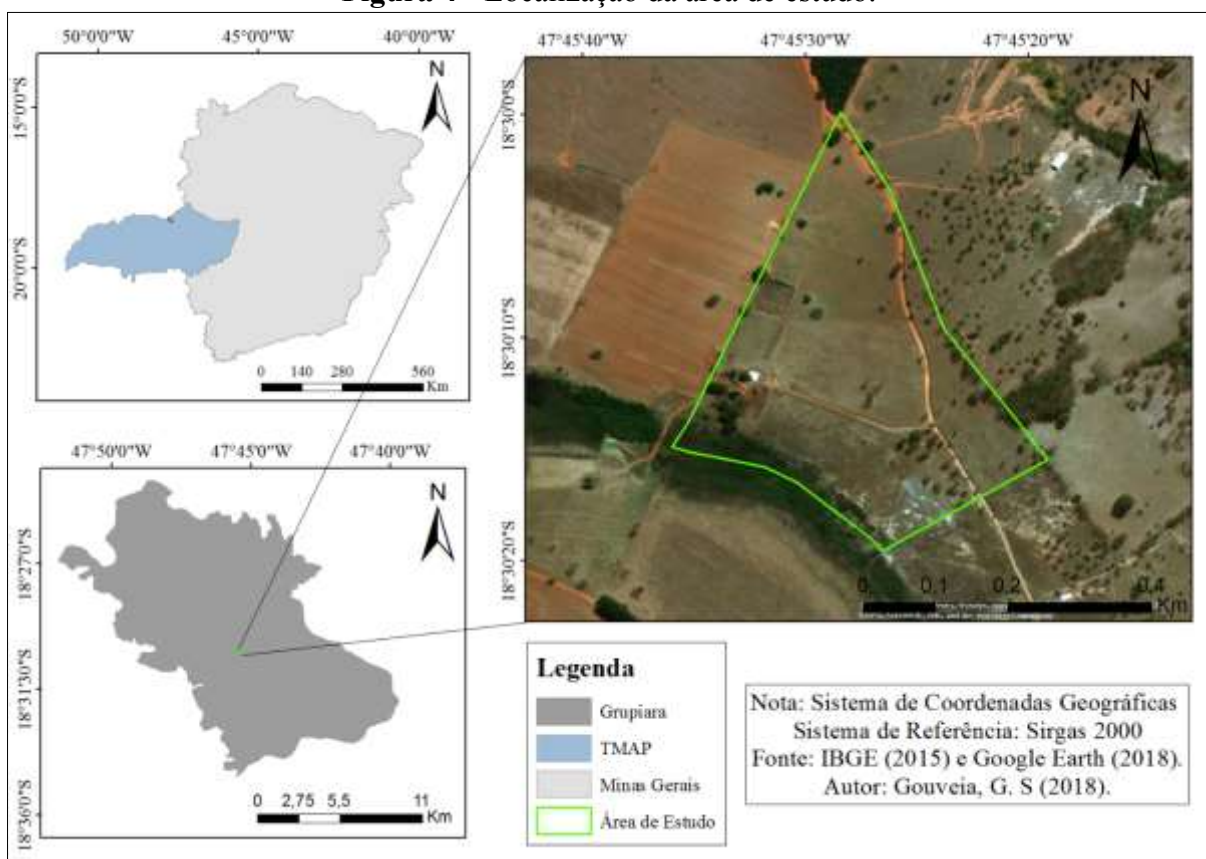
5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área a ser estudada (**Figura 4**) está localizada no município de Grupiara-MG, dentro da região do Triângulo mineiro e Alto Paranaíba, situada na região rural deste município, com

aproximadamente 5 quilômetros de distância da mancha urbana, tendo em média 14 hectares, cujas coordenadas geográficas aproximadas do seu centro são: latitude $18^{\circ}30'13.35''\text{S}$ e longitude: $47^{\circ}45'26.97''\text{O}$. Essa região foi escolhida por apresentar parte do seu limite inacessível onde é muito comum gerar diversos conflitos fundiários, que pode gerar dificuldades na realização do trabalho por métodos convencionais.

Figura 4 - Localização da área de estudo.



Fonte: O autor (2018).

5.2 MATERIAL

Para realização deste trabalho foi necessário o uso de equipamentos e *softwares*, que foram utilizados em duas fases distintas: a primeira que consiste no levantamento de campo e a segunda no processamento e tratamento dos dados obtidos. Para primeira fase foi utilizado:

- Drone de pequeno porte, da marca DJI, modelo Phantom 3 Standart, com câmera RGB com 12 megapixels abordo para o levantamento aerofotogramétrico;
- Um par de receptores GNSS Topcon Hiper V, com precisão horizontal de $3,0\text{mm} + 0,1\text{ ppm}$ e vertical de $3,5\text{mm} + 0,4\text{ ppm}$.

- Rádios de comunicação;
- 38 alvos de cartolinas para a pré-sinalização dos pontos de controle;
- Notebook Dell Inspiron 5547, Intel Core i7, 16GB RAM, 2GB vídeo, HD 1TB e sistema operacional Windows 8.1, 64 bits.

Para o planejamento, processamento e tratamento de dados foram necessários o uso dos seguintes *softwares*:

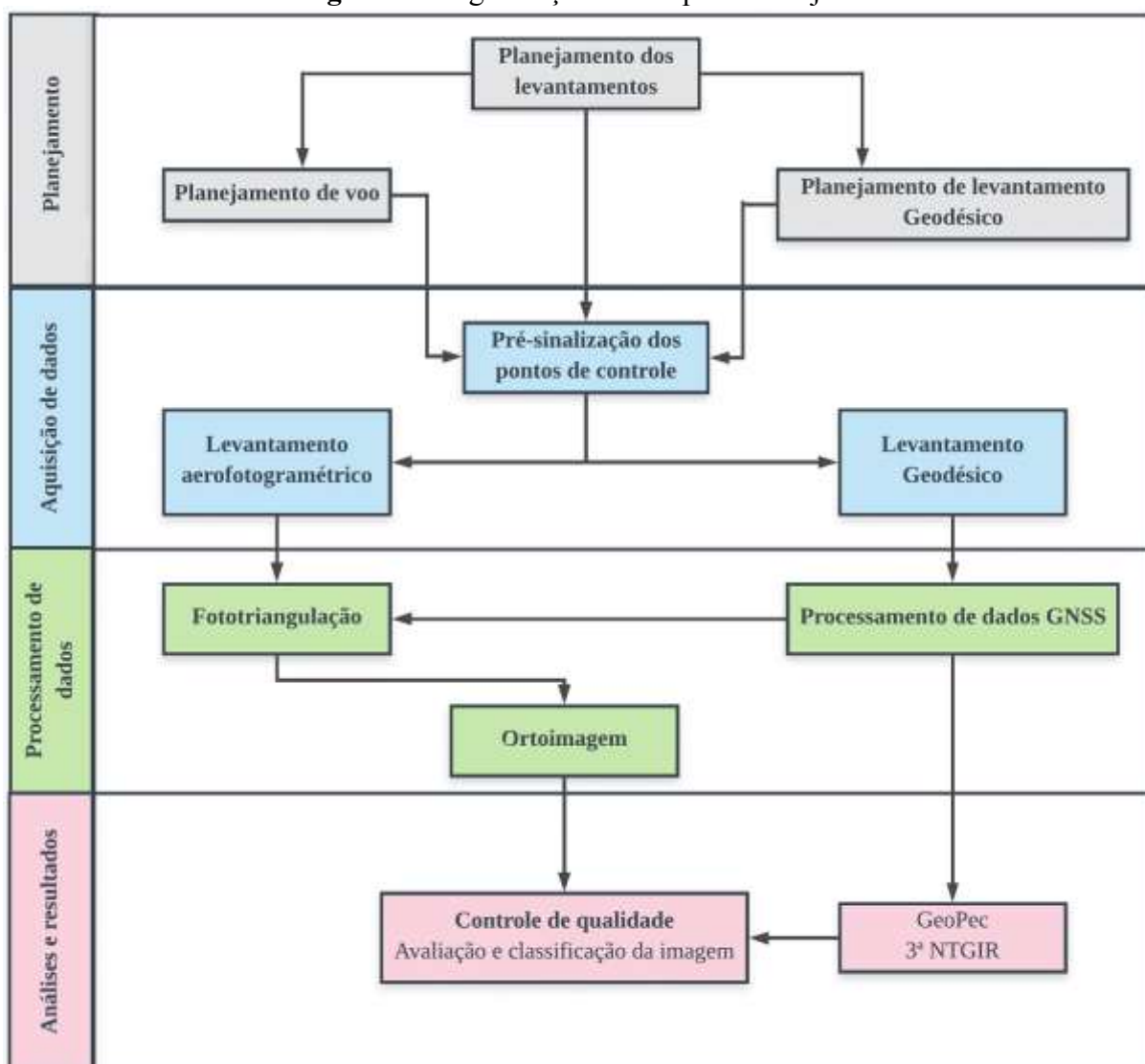
- *Software DroneDeploy* para elaboração do plano de voo;
- *Software PhotoScan* para o processamento fotogramétrico;
- *Software QGIS* para vetorização e confecção dos mapas;
- *Software Google Earth*, versão 7.3.1.4507.
- *Software GeoPec*, versão 3.5.
- *Software AutoCad 2017*, versão estudantil.

5.3 MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho pode ser dividida em duas etapas: a primeira a execução do levantamento de campo, que se tem como objetivo a obtenção de dados brutos, e a segunda etapa tem como finalidade o processamento destes dados de maneira a refina-los, com o propósito de gerar produtos finais que possam ser avaliados conforme normas vigentes do PEC e do INCRA. Para isto, foi necessário cumprir oito passos, sendo eles:

1. Planejamento de Voo;
2. Pré-sinalização dos Pontos de Controle;
3. Processamento de dados *GNSS*;
4. Fototriangulação;
5. Processamento Digital de Imagens;
6. Georreferenciamento da Área de Estudo;
7. Vetorização das feições de interesse;
8. Análise e Classificação da Acurácia do Produto Final.

A **Figura 5** expõe a organização das etapas em um fluxograma que explica de maneira simplificada todas as fases de execução metodológica deste projeto.

Figura 5 - Organização das etapas do Projeto.

Fonte: O autor (2018).

5.3.1 Planejamento de Voo

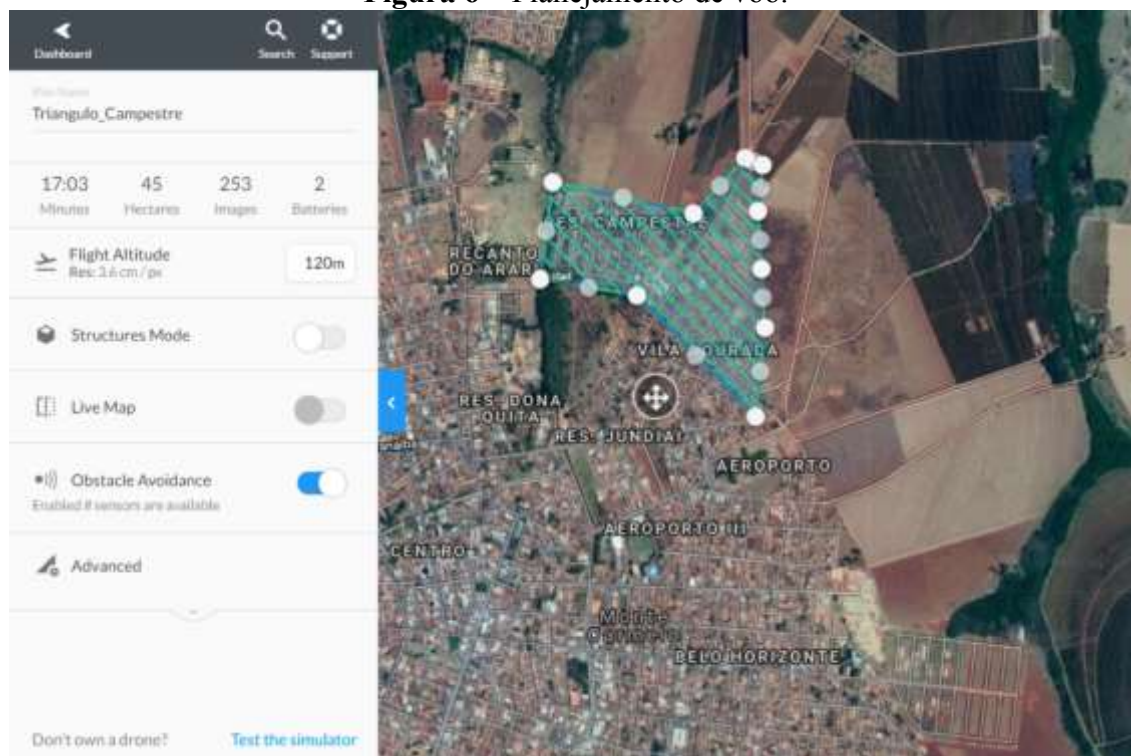
Para a realização do plano de voo aerofotogramétrico, foram definidos os seguintes parâmetros: área a ser coberta; altura de voo; recobrimento longitudinal e lateral; velocidade do RPA; mapa de voo.

Para isto, foi utilizado o *software DroneDeploy* para calcular todos os parâmetros citados acima, pois este *software* é disponibilizado de maneira gratuita e permite a importação do plano de voo com seus parâmetros para o sistema do RPA *Phatom*. O voo foi realizado por volta das dezesseis horas da tarde, este horário não é o mais recomendado, pois em muitos casos a área ocorre um sombreamento considerado, o qual pode influenciar no resultado do trabalho. Mas, como a área de estudo apresenta pouca vegetação arbustiva e é basicamente

coberta por pastagem, o sombreamento não teve influência nos resultados deste trabalho.

Na **Figura 6** pode-se observar os parâmetros adotados para realização do voo. É possível observar que foi utilizado um recobrimento lateral (60%) e longitudinal (75%) são maiores que mínimo encontrado na literatura. A altura de voo tem influência direta com os GSD, pois quanto maior a altura maior será o GSD. A altura de voo adotada foi de 120 metros, cujo GSD adotado foi de 3,6 centímetros.

Figura 6 – Planejamento de voo.



Fonte: O autor (2018).

5.3.2 Pré-sinalização dos Pontos de Controle

Esta etapa antecede ao vôo, com intuito de instalar alvos possíveis de serem identificados nas imagens e posteriormente levantados em campo, com receptores *GNSS*. A pré-sinalização foi elaborada com cartolinas e fixadas com auxilia de pregos e martelo, como ilustrado na **Figura 7**. A norma de execução INCRA/DF/Nº 02 estabelece que para georreferenciamento através do uso de RPA são necessários no mínimo 20 pontos de verificação. Foram implantados 37 alvos, pois alguns destes alvos serão destinados aos procedimentos da construção da ortofoto.

Figura 7 – Implantação dos pontos de controle.



Fonte: O autor (2018).

Com o auxílio do *Google Earth* os alvos foram distribuídos de forma a especializá-los ao longo da área de estudo (**Figura 8**).

Figura 8 – Distribuição dos pontos de controle



Fonte: O autor (2018).

5.3.3 Levantamento Geodésico

Para a execução desta etapa foi utilizado um par de receptores *GNSS*, um utilizado como base e o outro foi empregado na coleta de coordenadas dos demais pontos de interesse, entre eles: os vértices do imóvel rural (cerca), pontos de apoio, sendo estes derivados da pré – sinalização.

O receptor utilizado como base foi estacionado em um lugar estratégico e de fácil acesso, onde pudesse receber os sinais dos satélites com a menor obstrução possível (**Figura 9**), este receptor ficou coletando dados durante 4h12m10s, sendo este o tempo que durou todo o levantamento.

Figura 9 – Receptor base (GNSS).



Fonte: O autor (2018).

Após o receptor (base) estar apto a transmitir as correções para o receptor via link de comunicação, partiu-se para coletadas coordenadas dos pontos alvos de pré - sinalização. Para isto foi utilizado o outro receptor (rover). O método de posicionamento geodésico adotado foi o posicionamento relativo em tempo real (*RTK*), onde cada ocupação para os vértices de interesse durou cerca de 5 segundos.

Outro procedimento realizado foi à obtenção das coordenadas do limite do imóvel (cercas). Com essas coordenadas foi possível realizar o georreferenciamento do imóvel pelo método convencional, sendo este tomado como verdade de campo para futura análise posicional (geométrica) do produto.

Na **Figura 10** é possível notar a coleta das coordenadas dos vértices de interesse, utilizando o receptor rover, enquanto o receptor base faz a coleta de dados e envia correções em tempo real para o rover.

Figura 10 – Coleta dos pontos de interesse.



Fonte: O autor (2018).

5.3.4 Processamento de Dados GNSS

Em seguida foram processados os dados do receptor denominado de base utilizando um serviço online, gratuito, disponibilizado pelo IBGE cujo nome é PPP (Posicionamento por Ponto Preciso), sendo este responsável por processar o arquivo de observação em formato Rinex, em seguida foi gerado um arquivo (PDF) contendo com as suas coordenadas planialtimétricas e seus sigmas/precisões, como mostra na **Figura 11**.

Figura 11 - Processamento (PPP).

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (E a que deve ser usada) ⁴	-18° 30' 14,5690"	-47° 45' 28,6459"	697,00	7951821.568	208785.741	-45
Na data do levantamento ⁵	-18° 30' 14,5622"	-47° 45' 28,6478"	697,00	7951821.776	208785.682	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,004	0,008			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-10,50					
Altitude Ortométrica (m)	707,50					

Fonte: O autor (2018).

Posteriormente foi possível calcular as coordenadas dos vértices de interesse (cerca e pontos de apoio), para isso foi utilizado o *software* do fabricante do receptor *Hiper V*, no qual é necessário inserir as coordenadas do receptor base na coletora do receptor e o *software* calcula automaticamente as coordenadas dos vértices de interesse.

5.3.5 Fototriangulação

Após o levantamento, obteve-se as coordenadas planimétricas e altimétricas com suas respectivas precisões dos alvos fotoidentificáveis (pontos de controle/verificação e pontos apoio) e, em seguida, gerou-se a ortofoto. Este procedimento consiste em corrigir os erros sistemáticos derivados da aquisição das imagens e determinar as coordenadas de pontos a partir da posição da câmara no momento da tomada de cada foto.

Para realização ortorretificação da imagem foi utilizado *software PhotoScan*. Os procedimentos adotados foram: descarregar as fotos obtidas através aerolevantamento, importar as fotos via *software*, organizar as imagens na sequência da tomada das fotos, inserção dos pontos de controle, realização da aerotriangulação e por fim à geração da ortofoto. A **Figura 12** na aba *Work flow* nota-se os passos necessários e utilizados para a geração da ortofoto no *PhotoScan*.

onde foram criadas três camadas de polígonos no formato Shapefile. O primeiro polígono envolve os limites artificiais (cerca) da área de estudo levantada com receptor *GNSS*, no qual foi criado pontos com a coordenadas levantadas com receptor e em seguida criada um polígono sobre estes pontos.

Já a segunda camada envolve o mesmo limite (artificial), mas este polígono foi criado por meio da ortofoto, no qual foi possível visualizar os vértices (cerca) da propriedade na ortofoto e assim criando um polígono sobre a cerca.

O terceiro polígono foi criado com intuito de estabelecer uma linha que melhor represente o centro da região do limite inacessível, sendo este um limite responsável por separar duas propriedades. Para isso foi necessário criar um arquivo shape (.shp) sobre a ortofoto contornando toda a área do limite inacessível (**Figura 14**).

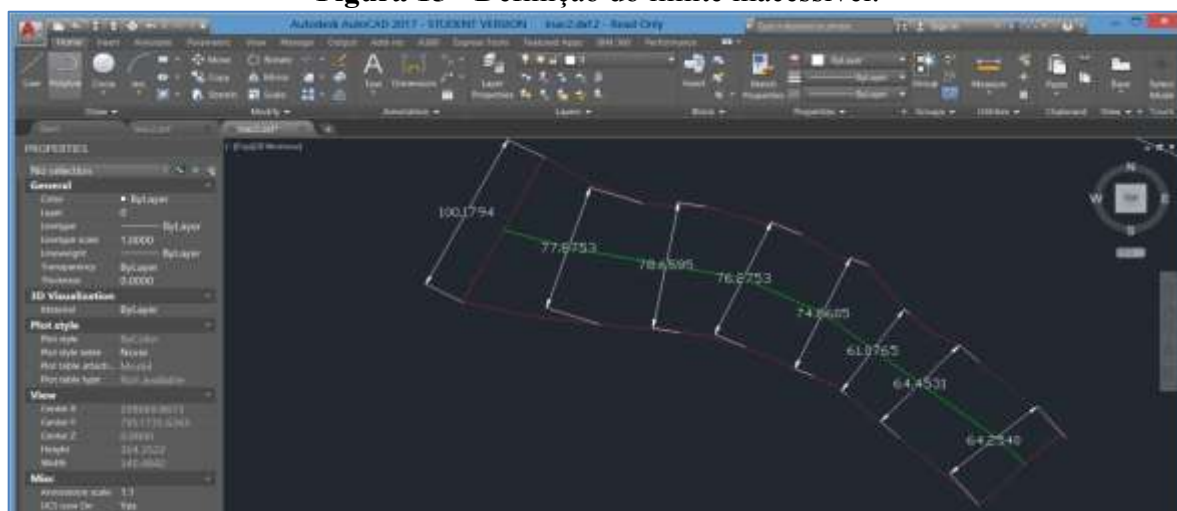
Figura 14 – Polígono do limite inacessível.



Fonte: O autor (2018).

Após a criação do polígono em formato shape foi necessário converte este arquivo em formado .dxf, pois este formato permite a continuidade do trabalho no *software AutoCAD*. Este *software* possibilitou a criação de linhas (cotas) ao longo das bordas do limite inacessível, após isso foi possível traçar uma *polyline* em verde no centro da região inacessível (**Figura 15**) representado este limite.

Figura 15 - Definição do limite inacessível.



Fonte: O autor (2018).

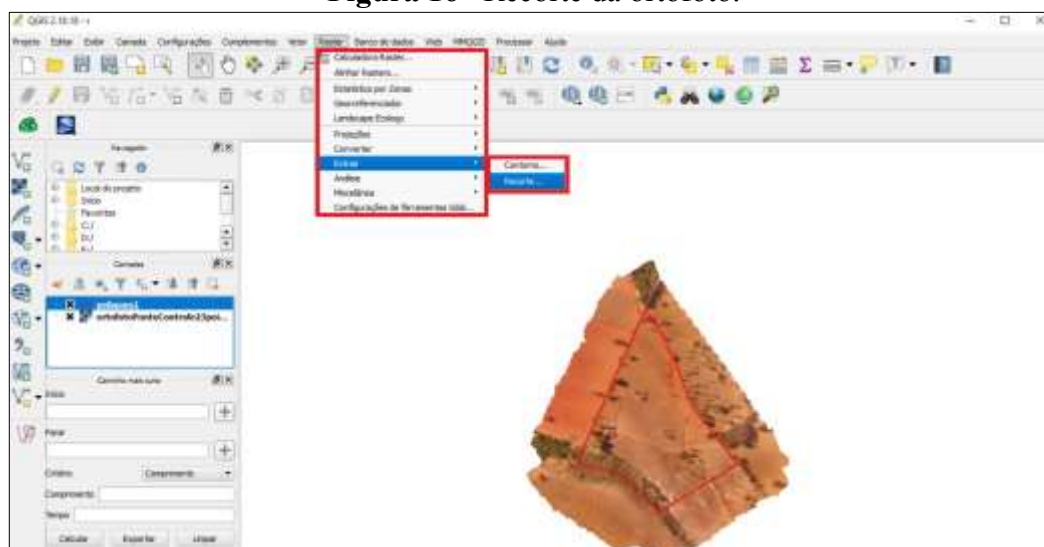
Na **Figura 15** nota-se o resultado dos procedimentos realizados no AutoCAD, onde em vermelho está representado o polígono do limite inacessível (brejo), em branco as linhas (cotas) com as distâncias ao longo deste limite e em verde à linha responsável por dividir duas propriedades.

É importante ressaltar que foi utilizada a mesma linha definidora do limite inacessível foi utilizada para cálculo de área utilizando os dois métodos, sendo eles o método convencional (Receptor *GNSS*) e da ortofoto (RPA). No qual a área de ambos os polígonos será discutidas na seção 6, pois é esperado que a área de estudo possua dimensões aproximadas.

Posteriormente foram criadas três camadas de pontos no formato shape, sendo a primeira camada para os pontos utilizados no processamento do *PhotoScan*, a segunda camada destinadas aos pontos de verificação/checagem e a última camada destinada aos pontos da cerca, os resultados será apresentados na seção 6.

Em seguida foi recortado a ortofoto para elimina o efeito de borda, para isto necessário o uso da ferramenta recorte encontrada na aba *Raster* (**Figura 16**). Posteriormente foi criado um mapa final, contento os limites da área de estudo.

Figura 16– Recorte da ortofoto.



Fonte: O autor (2018).

5.3.7 Análise e Classificação da Acurácia do Produto Final

O Decreto Lei nº 89.917 de 20 de junho de 1984 aliado à ET-ADGV (Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais) estabelecem as instruções reguladoras das normas técnicas da Cartografia Nacional, as quais definem normas e procedimentos de padronização, permitindo a avaliação e produção de cartas com qualidade compatível com padrões internacionais.

Assim, para avaliação dos dados, foram efetuados cálculos estatísticos de modo a avaliar os possíveis casos de tendência amostral, referentes aos dados obtidos com o estudo, pela distribuição T-Student e de exatidão, pelo método do Qui-Quadrado (χ^2).

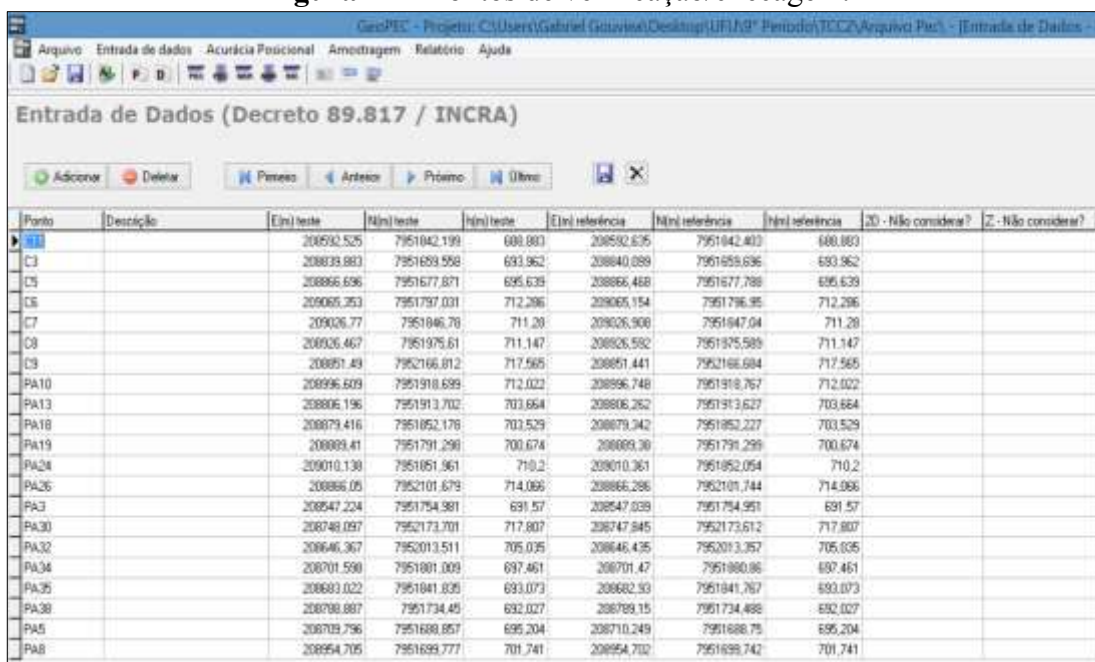
Posteriormente, as feições homólogas identificadas em campo e na imagem, foram classificadas de acordo com o PEC e objetivando avaliar a qualidade posicional do produto gerado a partir das ortofotos. Além disso, a pesquisa também avaliou a viabilidade do uso de tais imagens no georreferenciamento de imóveis rurais.

Adicionalmente, cada ponto coletado para validação, e não utilizados como ponto de controle, foram comparados com seus respectivos pontos na ortofoto por meio RMS (raiz do valor quadrático médio), desvio padrão, teste de tendência.

Para realização destes procedimentos foi utilizado o *software* GeoPec, na versão 3.5. Este *software* é capacitado para realizar todos processos citados acima e atender todas as exigências estabelecidas na norma de execução INCRA/DF/Nº2.

Na **Figura 17** demonstra os pontos de verificação que foram utilizados para na análise e classificação da ortofoto. Foram utilizados 21 pontos, dentre eles estão pontos derivados da pré-sinalização e pontos de cerca, todos estes coletados utilizando o receptor *GNSS* e considerados como verdade de campo, pois apresentam uma melhor precisão que a ortofoto. Já as coordenadas observadas foram coletas na ortofoto com auxílio do *software Qgis* e posteriormente analisadas.

Figura 17 – Pontos de verificação/chechagem.

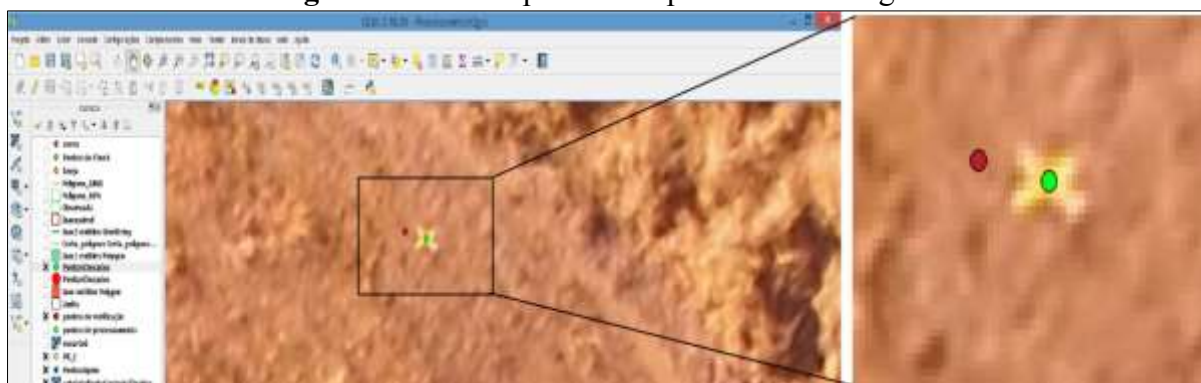


Ponto	Descrição	E(m) teste	N(m) teste	H(m) teste	E(m) referência	N(m) referência	H(m) referência	2D - Não considera?	3D - Não considera?
PA1		208592.525	7951042.199	609.883	208592.635	7951042.403	609.883		
C3		208839.883	7951693.558	693.962	208840.089	7951693.636	693.962		
C5		208866.636	7951677.871	695.639	208866.468	7951677.789	695.639		
C6		209065.253	7951797.031	712.296	209065.154	7951796.95	712.296		
C7		209026.77	7951846.78	711.20	209026.908	7951847.04	711.20		
C8		209036.467	7951975.61	711.147	209026.592	7951975.589	711.147		
C9		208991.49	7952166.812	717.565	208991.441	7952166.684	717.565		
PA10		208996.609	7951918.699	712.022	208996.748	7951918.767	712.022		
PA13		208806.196	7951913.702	703.664	208806.262	7951913.627	703.664		
PA18		208879.416	7951852.176	703.529	208879.342	7951852.227	703.529		
PA19		208889.41	7951791.298	700.674	208889.30	7951791.299	700.674		
PA24		209010.138	7951851.961	710.2	209010.361	7951852.054	710.2		
PA26		208866.06	7952101.679	714.066	208866.286	7952101.744	714.066		
PA3		208547.234	7951754.981	691.57	208547.039	7951754.951	691.57		
PA30		208748.097	7952173.701	717.807	208747.845	7952173.612	717.807		
PA32		208646.367	7952013.511	705.035	208646.435	7952013.357	705.035		
PA34		208701.598	7951881.009	697.461	208701.47	7951880.86	697.461		
PA35		208693.022	7951841.835	693.073	208692.93	7951841.767	693.073		
PA38		208788.887	7951734.45	692.027	208789.15	7951734.488	692.027		
PA5		208709.796	7951688.857	695.204	208710.249	7951688.75	695.204		
PA8		208954.705	7951699.777	701.741	208954.702	7951699.742	701.741		

Fonte: O autor (2018).

As análises e classificação do produto final são dadas em função das discrepâncias das coordenadas (**Figura 18**). O ponto em vermelho está representado a coordenada obtida com o receptor *GNSS* e o ponto verde representa onde realmente ela deveria encontra-se na ortofoto. Quanto maior a discrepâncias entre os dois, pior será qualidade da ortofoto, o oposto acontece para discrepâncias menores.

Figura 18 – Discrepância dos pontos de Checagem.



Fonte: O autor (2018).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados e análises dos processamentos das coordenadas obtidas por meio do levantamento geodésico, sendo elas: pontos de apoio, checagem e dos limites artificiais. Também foi analisada a qualidade do produto fotogramétrico (ortofoto) para fins do georreferenciamento de imóveis rurais e comparado com método convencional (receptor *GNSS*), levando em consideração a proposta adotada para definição do limite inacessível.

6.1 LEVANTAMENTO GEODÉSICO

As coordenadas e os respectivos sigmas dos vértices de interesse foram derivados do tempo de coleta do receptor base. O resultado encontrado foi o processamento de disponibilizado pelo IBGE, como visto na **Figura 11**. Os valores encontrados para os sigmas foram (0.002, 0.004, 0.008) metros, para as respectivas coordenadas (E (Este), N (Norte) e U (Altitude Geométrica)), posteriormente foram corrigidas as coordenadas do receptor rover (vértices de interesse).

Na **Tabela 5**, são apresentadas as coordenadas e seus respectivos sigmas/precisão dos pontos levantados com o rover. Nota-se que a todos os pontos obteve sigmas melhores que 50 centímetros, pois a melhor precisão exigida na 3ª NTGIR é de 50 centímetros. Os pontos que se têm as iniciais “PA” refere-se às pontos de apoio, e já os pontos que se iniciam com “C” se trata aos pontos de cerca.

Tabela 5 – Coordenadas dos pontos de apoio e suas respectivas precisões (*GNSS*).

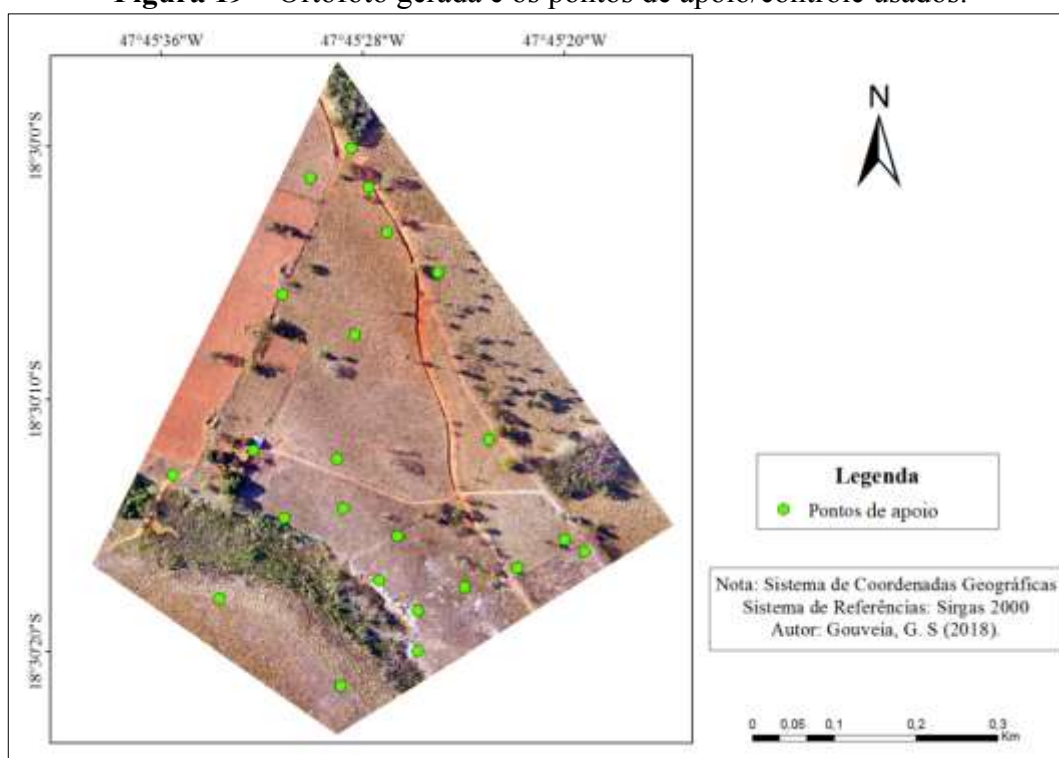
ID	E (m)	N (m)	Altitude (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
PA1	208676,358	7951897,922	698,094	0,010	0,009	0,006
PA2	208583,544	7951866,477	690,977	0,006	0,006	0,005
PA4	208639,519	7951717,326	694,234	0,005	0,006	0,004
PA6	208781,694	7951613,269	697,213	0,005	0,006	0,005
PA7	208870,832	7951656,599	695,285	0,007	0,007	0,005
PA9	209063,300	7951780,654	711,717	0,007	0,009	0,006
PA11	208887,484	7952117,585	716,388	0,005	0,005	0,004
PA12	208792,006	7952040,581	710,404	0,006	0,007	0,004
PA14	208845,424	7951796,564	698,665	0,007	0,007	0,005
PA15	208825,032	7951741,750	695,784	0,008	0,007	0,005
PA16	208781,750	7951828,961	697,249	0,006	0,005	0,004
PA17	208773,658	7951889,139	700,826	0,006	0,006	0,004
PA20	208870,160	7951705,767	696,289	0,006	0,006	0,004

PA21	208924,007	7951734,983	701,091	0,006	0,006	0,004
PA22	208985,642	7951759,764	706,279	0,006	0,006	0,004
PA23	209039,301	7951795,537	710,694	0,007	0,007	0,005
PA25	208949,762	7951915,169	709,703	0,012	0,012	0,007
PA27	208827,278	7952165,708	718,259	0,007	0,007	0,004
PA28	208805,322	7952220,699	720,685	0,008	0,008	0,005
PA29	208784,830	7952267,180	722,556	0,007	0,007	0,005
PA31	208707,053	7952088,245	711,435	0,008	0,008	0,005
PA33	208737,679	7952230,299	720,369	0,008	0,008	0,005
PA36	208713,319	7951816,527	691,664	0,007	0,008	0,005

Fonte: O autor (2018).

Após obter as coordenadas dos pontos de apoio e a imagens providas do aerolevanteamento foram iniciados os procedimentos de fototriangulação. Este processo fotogramétrico resultou na imagem denominada ortofoto (**Figura 19**), na qual a mesma será a área em análise. Na **Figura 19** pode ser observado o conjunto com os vinte e três pontos de apoio/controlado (pontos verdes) usados na fototriangulação e sua distribuição espacial sobre a área de estudo.

Figura 19 – Ortofoto gerada e os pontos de apoio/controlado usados.



Fonte: O autor (2018).

6.2 DEFINIÇÃO DO LIMITE ARTIFICIAL

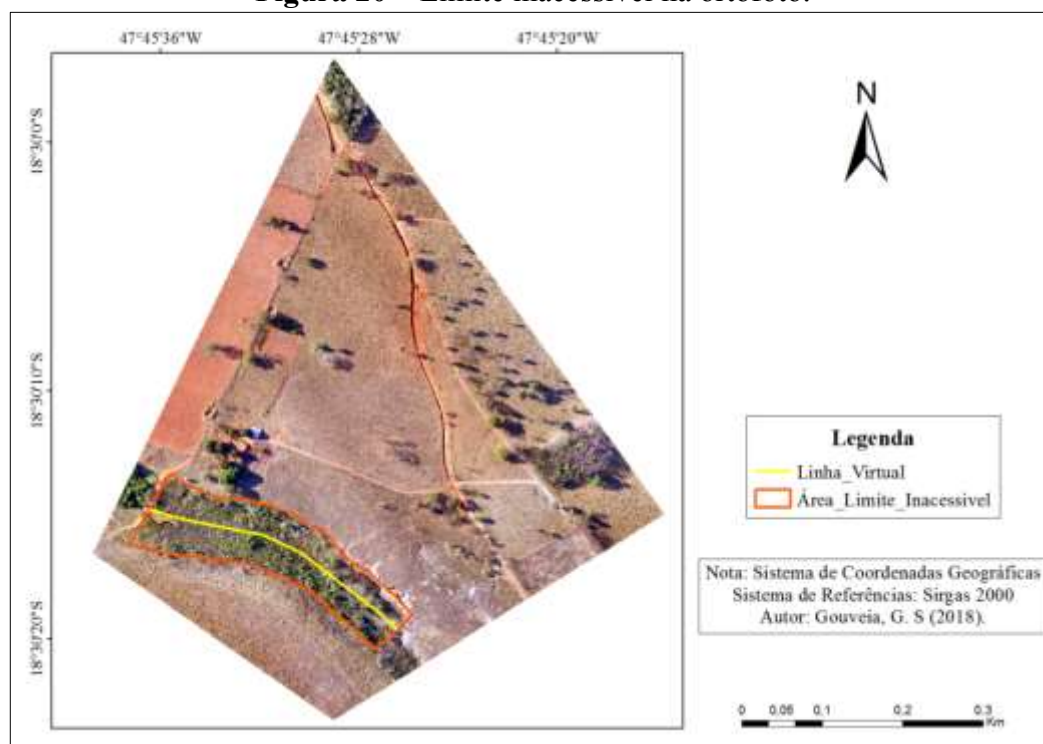
A definição de um limite inacessível entre propriedades rurais não é uma tarefa fácil, pois nestes casos o profissional enfrenta dificuldades para realizar o levantamento de maneira convencional por meio de receptores *GNSS*. Além disso, tem-se os fatores climáticos que são responsáveis por interferir de maneira contínua no cenário das paisagens no decorrer do tempo.

De acordo com o Manual Técnico de Limites de Confrontantes do INCRA (INCRA, 2013), apresentado na seção 4.2, conforme a situação (a), os vértices do Tipo V (virtual) podem ser levantados de forma indireta, em locais onde não é possível a implantação estável de um marco, e o limite não é coincidente com um elemento físico. Por exemplo, os vértices situados em brejos, banhados e pântanos. Esse princípio legal deu base ao trabalho realizado nesse estudo para a definição dos vértices do Tipo V (virtual).

Adicionalmente, com base no Manual Técnico de Posicionamento e na Norma de Execução INCRA/DF/Nº 02 (INCRA, 2013), é permitido o uso de aerofotogrametria por RPAs para levantamento de limites inacessível, gerados a partir de pontos do tipo V, coletados nas ortofotos geradas. Esse foi o procedimento legal usado nesse estudo para a definição do limite inacessível.

Nesse sentido, com base na Lei 10.267/01, nos dois manuais e na Norma de Execução do INCRA, citados acima, foi utilizada a imagem (ortofoto) de RPA na definição dos vértices virtuais referentes ao limite inacessível existente na área de estudo, que se trata de um brejo, que é o limite de divisa da propriedade com seu confrontante. Os procedimentos realizados para definição deste método são encontrados na seção 5.3.6. A **Figura 20** demonstra a conclusão dos procedimentos e a criação da linha virtual sobre a ortofoto, representando o limite inacessível. Nessa imagem, a região inacessível está representada por meio de um polígono na cor laranja e, em amarelo, está a linha virtual.

Figura 20 – Limite inacessível na ortofoto.



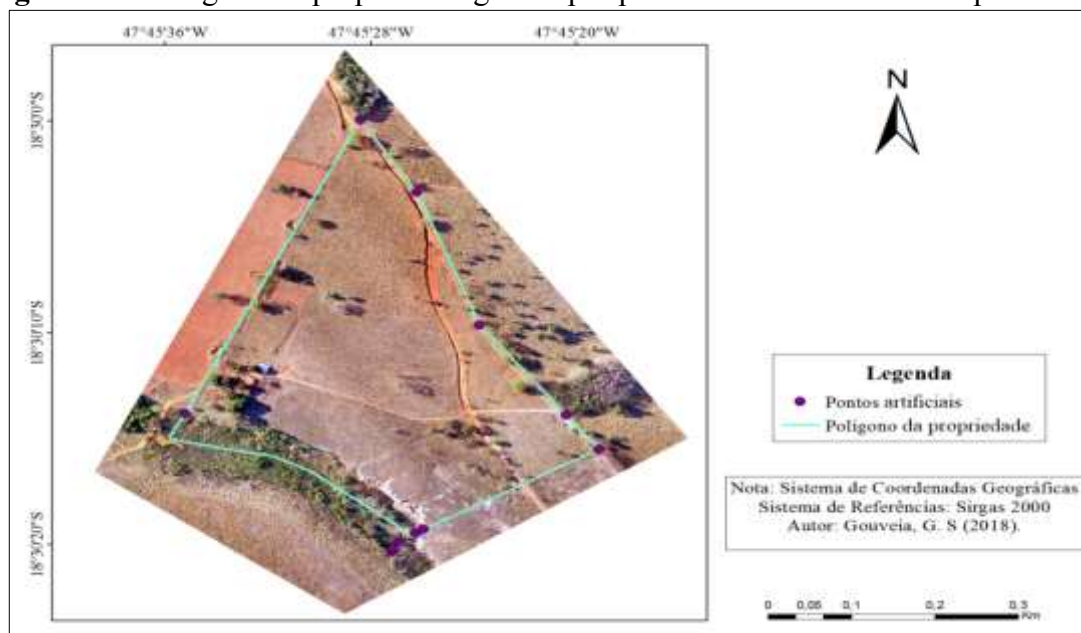
Fonte: O autor (2018).

6.3 GEORREFERENCIAMENTO CONVENCIONAL (RECEPTOR GNSS)

Após a definição do limite vértice virtual, o mesmo foi utilizado como complemento para cálculo de área utilizando método convencional (receptor *GNSS*). Assim, as coordenadas dos vértices artificiais do limite complementar foram levantadas com o receptor *GNSS* supracitado e o limite da região inacessível foi levantado a partir dos vértices virtuais, criados como descrito na seção 6.2.

Para construção do polígono que envolvesse a área de estudo foi criada uma camada de pontos levantados com receptor *GNSS* e, posteriormente, anexada à camada à vetorial que compreende o limite inacessível levantado sobre a ortofoto, conforme demonstrado na **Figura 21**. No caso, a cor ciano representa o limite da área georreferenciada e na cor roxa estão os pontos levantados com o receptor *GNSS*.

Figura 21 – Polígono da propriedade gerado por pontos levantados com receptor *GNSS*.



Fonte: O autor (2018).

Na **Tabela 6** encontram-se todas as coordenadas e suas respectivas precisões/sigmas levantadas com o receptor referente ao vértice de interesse (cerca). É importante salientar que todas as coordenadas atenderam a precisão imposta pelo Manual Técnico de Posicionamento.

Tabelas 6 - Coordenadas dos pontos de cerca e suas respectivas precisões (*GNSS*)

ID	E (m)	N (m)	Altitude (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
C1	208831,393	7951645,671	693,641	0,008	0,007	0,005
C2	208832,270	7951650,224	693,253	0,010	0,009	0,005
C3	208839,883	7951659,558	693,962	0,007	0,007	0,004
C4	208857,531	7951672,616	695,257	0,006	0,006	0,004
C5	208866,696	7951677,871	695,639	0,006	0,006	0,003
C6	209065,353	7951797,031	712,286	0,015	0,015	0,010
C7	209026,770	7951846,780	711,280	0,013	0,013	0,010
C8	208926,467	7951975,610	711,147	0,006	0,007	0,004
C9	208851,490	7952166,812	717,565	0,006	0,006	0,003
C10	208785,805	7952271,811	722,619	0,008	0,008	0,006
C11	208592,525	7951842,199	688,883	0,007	0,008	0,005

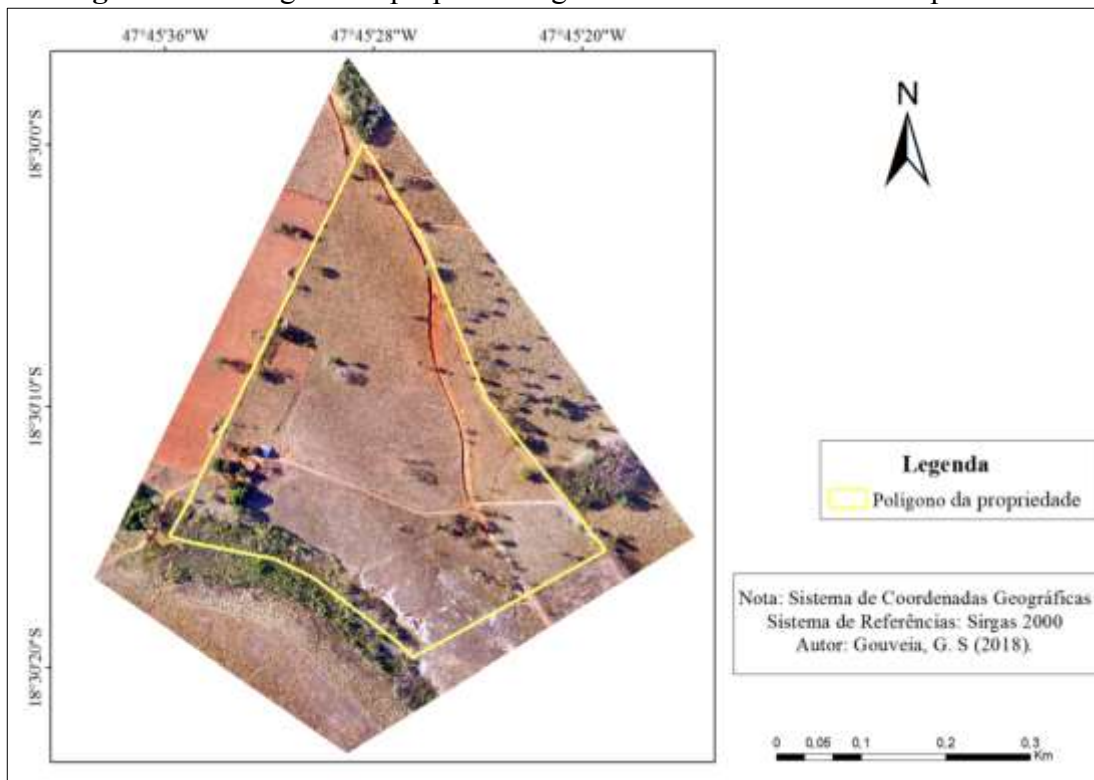
Fonte: O autor (2018).

6.4 GEORREFERENCIAMENTO COM RPA

O georreferenciamento com RPA foi realizado sobre a ortofoto através dos vértices de interesse fotoidentificáveis (cerca). Nesse caso, foi criado um polígono envolvendo toda área estudo. Para o limite artificial foram usados os vértices fotoidentificáveis e para o limite virtual foi utilizado o vetor criado anteriormente, como apresentado na seção 6.2.

O polígono, em amarelo, representado na **Figura 22**, descreve a área da propriedade obtida a partir da ortofoto gerada por imagens do RPA. Por fim, tendo em mãos os dois limites, gerados por GNSS e por ortofoto RPA, foram realizadas as análises para e classificação da qualidade geométrica deste último produto (ortofoto).

Figura 22 – Polígono da propriedade gerado com a ortofoto obtida por RPA.



Fonte: O autor (2018).

6.5 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA ORTOFOTO

Nesta seção foi realizada a análise e classificação da ortofoto gerada a partir de dados RPA. Para isto, foi utilizado o *software* Geopec, disponibilizado gratuitamente no endereço <<http://www.geopec.com.br/p/software-geopec.html>> (SANTOS et al., 2016). Primeiramente foi criada uma tabela de contendo as coordenadas ditas como verdade de campo (coletadas com o coletor *GNSS*) e com as coordenadas observadas (coletadas na ortofoto).

A Norma de Execução INCRA/DF/N°02 estabelece todos os requisitos para análise e classificação da ortofoto. Dessa maneira, foram escolhidos, de forma estratégica, isto é, bem especializados, vinte e dois pontos para realizar a verificação/validação da ortofoto como produto de georreferenciamento. Na **Tabela 7** são apresentadas as coordenadas dos pontos de verificação/validação e suas respectivas precisões/sigmas. Nota-se que as precisões destes

pontos são melhores que as exigidas pelo Manual Técnico de Posicionamento, pois a melhor precisão exigida deve ser melhor ou igual a cinquenta centímetros.

Tabelas 7 - Coordenadas dos pontos de verificação e suas respectivas precisões (GNSS)

ID	E (m)	N (m)	Altitude (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
PC3	208547,224	7951754,981	691,57	0,005	0,006	0,004
PC5	208709,796	7951688,857	695,204	0,004	0,005	0,004
PC8	208954,705	7951699,777	701,741	0,005	0,006	0,004
PC10	208996,609	7951918,699	712,022	0,006	0,007	0,005
PC13	208806,196	7951913,702	703,664	0,007	0,007	0,004
PC18	208879,416	7951852,178	703,529	0,005	0,006	0,004
PC19	208889,41	7951791,298	700,674	0,007	0,007	0,004
PC24	209010,138	7951851,961	710,2	0,007	0,007	0,005
PC26	208866,05	7952101,679	714,066	0,006	0,006	0,004
PC30	208748,097	7952173,701	717,807	0,006	0,006	0,004
PC32	208646,367	7952013,511	705,035	0,007	0,007	0,004
PC34	208701,598	7951881,009	697,461	0,005	0,006	0,004
PC35	208683,022	7951841,835	693,073	0,007	0,008	0,006
PC38	208788,887	7951734,45	692,027	0,007	0,008	0,005
C3	208839,883	7951659,558	693,962	0,007	0,007	0,004
C5	208866,696	7951677,871	695,639	0,006	0,006	0,003
C6	209065,353	7951797,031	712,286	0,015	0,015	0,01
C7	209026,77	7951846,78	711,28	0,013	0,013	0,01
C8	208926,467	7951975,61	711,147	0,006	0,007	0,004
C9	208851,49	7952166,812	717,565	0,006	0,006	0,003
C11	208592,525	7951842,199	688,883	0,007	0,008	0,005

Fonte: O autor (2018).

Após a definição dos pontos de validação, iniciou-se o processo de checagem, onde foram coletadas as coordenadas dos pontos correspondentes na ortofoto e comparadas, estatisticamente, com as coordenadas ditas como verdade de campo. Para tanto, foram calculadas as discrepâncias para as coordenadas E (Este) e N (Norte) e a discrepância posicional para cada ponto de checagem, bem como o RMS (**Tabela 8**). Observa-se que o ponto PA5 apresentou a maior discrepância posicional (0,465), portanto inferior a 50 centímetros, que é a precisão exigida em Norma/Lei.

Tabela 8 – Discrepâncias entre as coordenadas dos pontos de verificação: *GNSS* e Ortofoto

ID	COORD. <i>GNSS</i>		COORD. ORTOFOTO		DISCREPÂNCIAS (m)		
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Posicional
PA3	208547,224	7951754,981	208547,039	7951754,951	0,185	0,030	0,187
PA5	208709,796	7951688,857	208710,249	7951688,75	0,453	0,107	0,465
PA8	208954,705	7951699,777	208954,702	7951699,742	0,003	0,035	0,035
PA10	208996,609	7951918,699	208996,748	7951918,767	0,139	0,068	0,155
PA13	208806,196	7951913,702	208806,262	7951913,627	0,066	0,075	0,100
PA18	208879,416	7951852,178	208879,342	7951852,227	0,074	0,049	0,089
PA19	208889,41	7951791,298	208889,38	7951791,299	0,03	0,001	0,030
PA24	209010,138	7951851,961	209010,361	7951852,054	0,223	0,093	0,242
PA26	208866,05	7952101,679	208866,286	7952101,744	0,236	0,065	0,245
PA30	208748,097	7952173,701	208747,845	7952173,612	0,252	0,089	0,267
PA32	208646,367	7952013,511	208646,435	7952013,357	0,068	0,154	0,168
PA34	208701,598	7951881,009	208701,47	7951880,86	0,128	0,149	0,196
PA35	208683,022	7951841,835	208682,93	7951841,767	0,092	0,068	0,114
PA38	208788,887	7951734,45	208789,15	7951734,488	0,263	0,038	0,266
C3	208839,883	7951659,558	208840,099	7951659,696	0,216	0,138	0,256
C5	208866,696	7951677,871	208866,468	7951677,788	0,228	0,083	0,243
C6	209065,353	7951797,031	209065,154	7951796,95	0,199	0,081	0,215
C7	209026,77	7951846,78	209026,908	7951847,04	0,138	0,260	0,294
C8	208926,467	7951975,61	208926,592	7951975,589	0,125	0,021	0,127
C9	208851,49	7952166,812	208851,441	7952166,684	0,049	0,128	0,137
C11	208592,525	7951842,199	208592,635	7951842,403	0,11	0,204	0,232
RMS							0,221
DESVIO PADRÃO DA DISCREPÂNCIA POSICIONAL							0,099

Fonte: O autor (2018).

Em seguida, foram iniciados os procedimentos no *software* GeoPec e foi necessário reformular os dados para o formato de importação do *software*. Após a importação dos dados, foi necessário entrar com outros parâmetros: a escala desejada (1:1000), tamanho aproximado da área do aerolevantamento (19 hectares) e a acurácia posicional (decreto 89.817/ET-CQDG), no qual a componente analisada foi a planimétrica.

A **Figura 23** ilustra as discrepâncias dos 21 pontos de checagem, extraídos da ortofoto e obtidos por *GNSS*. Em amarelo estão representadas as discrepâncias da componente E (Este), em verde N (Norte) e em vermelho a distância posicional/geométrica entre os pontos.

Figura 23 - Discrepâncias das coordenadas dos pontos de checagem/verificação.

Fonte: O autor (2018).

As **Tabelas 9** e **10** apresentam os resultados das análises de tendência e da classificação da ortofoto. Observa-se que não foi apresentada tendência nos componentes E (Este) e N (Norte), isso devido ao valor de T (tabelado) ser maior que o valor de T (calculado). O produto é classificado como Classe B para a escala 1:1000 do PEC-PCD, uma vez que atende todos pré-requisitos: o RMS (0,221) é menor que o erro padrão EP (3m) para essa escala, 90% das discrepâncias são menores que o PEC-PCD (5m).

Tabela 9 - Análise de tendência na ortofoto

Coordenada	E	N
T(calculado)	-0,9347	0,2022
T(tabelado)	1,7247	1,7247
Possui tendência?	Não	Não

Fonte: O autor (2018).

Tabela 10 – Classificação da ortofoto de acordo com PEC (Decreto 89.817)

PEC	EP	Escala
0,5	0,3	1:1000
Resultado B		

Fonte: O autor (2018).

De acordo com os resultados gerados, pode se dizer que o produto final é acurado para a escala de 1:1000, que está balizado pelo Decreto n. 89.817 de 20 de julho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliadas às tolerâncias da ET_CQDG.

O produto foi submetido à análise de tendência, normalidade e precisão em suas componentes posicionais, e os resultados apontam que é normal, preciso e não há tendência. Foram usados 21 pontos de checagem e o RMS médio das discrepâncias foi de 0,221 m.

6.6 DISCREPÂNCIAS DAS ÁREAS LEVANTADAS COM RPA E COM RECEPTOR GNSS.

Foram feitos dois cálculos da área de estudo: no primeiro foi utilizado o método convencional (receptor GNSS) e no segundo foi utilizado a ortofoto, derivada do aerolevanteamento. Na **Tabela 11** encontra-se a estimativa de área para ambos os métodos. Nota-se que são próximas em magnitude, sendo que o levantamento com RPA apresenta uma área maior que o método convencional, com uma diferença de 0,1360 ha.

Tabela 11 – Discrepâncias de áreas

Dimensão da área de estudo	Área (ha)
Levantamento do receptor GNSS	13,606
Levantamento com RPA	13,742

Fonte: O autor (2018).

É importante salientar que para ambos os métodos foi utilizado o mesmo método para definir o limite inacessível, sendo está derivada da ortofoto. Assim, pode-se afirmar que a diferença das áreas está correlacionada com as discrepâncias entre os perímetros dos limites artificiais (cerca).

De modo geral, pode-se afirmar que o levantamento dos vértices do tipo virtual apresentou precisão aceitável, uma vez que a área medida em ambos os métodos (GNSS e ortofoto) não diferiram muito entre si e em relação à área registrada em cartório.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O georreferenciamento de imóveis rurais, utilizando o método indireto de obtenção de dados baseado no levantamento aerofotogramétrico, realizado com RPA, foi desenvolvido como alternativa e em comparação com o levantamento através de receptores GNSS, sendo este o método mais empregado ultimamente para este tipo de trabalho.

O emprego de receptores GNSS geralmente proporciona uma acurácia posicional melhor que a encontrada nos produtos gerados a partir de RPA. Mas, tendo em vista que a melhor precisão exigida pelo manual técnico de posicionamento é de 0,50 m, pode-se concluir que o emprego RPA atende à precisão exigida. Contudo, essa técnica ainda não pode ser utilizada pra vértices do tipo M, por definição do INCRA.

O método de levantamentos com RPA vem crescendo e obtendo bons resultados quando utilizado de maneira adequada. Pode-se afirmar que o produto gerado neste trabalho, proveniente do aerolevanteamento, é hábil ao georreferenciamento se não fossem as restrições

estabelecidas para os vértices do tipo M, pois a ortofoto provinda desta tecnologia atendeu as precisões exigidas, dado que o RMS médio foi de aproximadamente de 22 centímetros.

Uma das grandes vantagens de se trabalhar com o RPA é o baixo custo e a otimização do tempo de levantamento, porque são fatores determinantes no orçamento para realizar o trabalho. Em novembro de 2017 o INCRA realizou um aerolevanteamento no assentamento de Jacaré Grande, localizado no município de Janaúba-MG. Foram necessários 15 dias para realizar o aerolevanteamento deste assentamento, que tem aproximadamente 11,1 mil hectares. Por métodos convencionais, o levantamento da área demandaria até 4 meses.

A partir dos objetivos propostos pelo trabalho e dos resultados alcançados, conclui-se que o método utilizado é compatível com as exigências e precisões exigidas pelas normativas vigentes no INCRA. O produto final (ortofoto) apresentou resultados satisfatórios. A técnica mostrou-se uma alternativa viável para levantamento para fins de georreferenciamento de imóveis rurais.

REFERÊNCIAS

ANAC. Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor. ANAC. 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor>>. Acesso em: 20 de maio. 2018.

ALMEIDA, C. B. **Avaliação da precisão posicional no georreferenciamento de imóveis rurais por meio de diferentes estratégias de processamento de dados GNSS**. 2015. 96f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2015.

AMORIM, A.; PESSOA, G. G.; LEMES, I. R.; KOMAZAKI, J. M.; JORGE, L. C.; GALO, M.; CAMARGO, P. DE O. (2016). Utilização de VANT para o georreferenciamento de imóveis rurais. Actas do I **Seminário Internacional UAV**. 1ed. Lisboa: CICS. NOVA. FCSH, p. 25-36, 2016.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, v. 258, 1998.

BARBOSA, E. M.; MONICO, J. F. G.; ALVES, D. B. M.; OLIVEIRA, L. C. Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede. **Boletim de Ciências Geodésicas**, p. 589-605, 2010.

BRASIL. Decreto-lei nº 10.267, de 28 de Agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nºs 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v.34, 2001.

BRASIL. Decreto-lei nº 10.267, de 28 de Agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nºs 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v.34, 2001.

CPE. cpetecnologia. Disponível em: <<https://blog.cpetecnologia.com.br/afinal-o-que-eu-preciso-saber-sobre-georreferenciamento-de-imoveis-rurais/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COELHO, L.; BRITO, J. N. **FOTOGRAMETRIA DIGITAL**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007. 196 p.

DA SILVA, O. A. Conflitos Agrários, Movimentos Sociais E A Ação De Governos Neoliberais: o caso do município de Ponto Novo no estado da Bahia–Brasil. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v. 8, n. 15, 2013.

DIAS, G. M.; PETER, J. C.; PEREIRA, M. **Levantamento de limites de imóvel rural com uso de VANT**, Eldorado do Sul-RS. 2014.

FAVARIN, J. A. S.; PEREIRA, R. S.; PEGORARO, A. J.; LIPPERT, D. B. Obtenção de fotografias aéreas de um povoamento de Pinus taeda L. com o VANT Microdrone MD4-1000. **Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto-SBSR**, v. 16, p. 9340-9346, 2013.

GLOBAL WITNESS. Defender la Tierra. Disponível em: <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/environmental-activists/defender-la-tierra/>. Acesso em: 15 de nov. 2018.

IBGE. **Recomendações para o posicionamento relativo estático - GPS**, 2008.

IBGE. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7>. Acesso em Janeiro, 2018.

INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 3 ed. INCRA, Brasília, 2013c. 4p.

INCRA. **Manual Técnico de Limites e Confrontações**. Brasília, 2013b. 24p.

INCRA. **Manual Técnico de Posicionamento**. Brasília, 2013a. 34p.

INCRA. **Norma de Execução INCRA/ DF/ N° 02, de 19 de fevereiro de 2018:** Estabelece critérios para aplicação e avaliação de produtos gerados a partir de aerofotogrametria para determinação de coordenadas de vértices definidores de limites de imóveis rurais em atendimento ao parágrafo 3° do artigo 176 da Lei nº6.015, de 31 de dezembro de 1973. Brasília: [s.n.], 2018. 2 p.

Jusbrasil. Disputa por terra mata mais no país. Jusbrasil. 2013. Disponível em: https://oab-rj.jusbrasil.com.br/noticias/100373041/disputa-por-terra-mata-mais-no-pais?ref=topic_feed. Acesso em: 15 de maio 2018.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. **Estudo Sobre ATUAÇÃO DA JUSTIÇA NOS CONFLITOS FUNDIÁRIOS URBANOS**. Disponível em:

<http://www.justica.go v.br/seus-direitos/politicas-de-justica/publicacoes/Biblioteca/dia logossobrejustica_atuacao_-nos-conflitos_fundiarios_urbanos.pdf/>. Acesso em: 10 de nov. 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Brasil é líder em mortes por conflitos fundiários, destaca relatório da Global Witness. MPF. 2017. Disponível em:

<<http://www.mpf.mp.br/pgr/noticias-pgr/brasil-e-lider-em-mortes-por-conflitos-fundiarios-destaca-relatorio-da-global-witness>>. Acesso em: 20 de nov. 2018.

MARGARETE, M. Decreto que define novos prazos para Georreferenciamento de Imóveis rurais. MundoGeo. 2018. Disponível em <

<http://mundogeo.com/blog/2018/03/26/decreto-define-novos-prazos-para-georreferenciamento-de-imoveis-rurais/>>. Acesso em: 27 de maio 2018.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2008.

PALERMO, R. A.; LEITE, T. C. **Integração de levantamento fotogramétrico aéreo com o uso de VANT e levantamento fotogramétrico terrestre para o mapeamento tridimensional das ruínas de São Miguel das Missões**. 2013.

PELEGRINA, M.; CANAL, M. A.; JULIÃO, R. P.; OBAL, K. K. **Avaliação da qualidade geométrica de produtos cartográficos levantados ao cadastro predial em município de pequeno porte no Brasil**. I SEMINÁRIO

INTERNACIONAL UAV, Lisboa 3-4 Março 2016. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/0B8NTA_Y2DigQYVd3dldxNHZHcm8/view?pre f=2&pli=1>. Acesso em: 01 de out. 2017.

SANTOS, A. P.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JUNIOR, J. Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais Utilizando Técnicas de Estatística Espacial: Proposta de Método e Exemplo Utilizando A Norma Brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 4, p. 630-650, 2016.

TALASKA, A.; ETGES, V. E. Estrutura fundiária georreferenciada: implicações para o planejamento e gestão do território rural no Brasil. **Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, v. 17, 2013.

TOMMASELLI, A. M. G.; SILVA, J. F. C.; HASEGAWA, J. K.; GALO, M.; DAL POZ, A. P. **Fotogrametria: aplicações a curta distância**. In: FCT. 1999. p. 147-59.