UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

RAFAEL GERBER NEVES

ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DE ORTOMOSAICO OBTIDO POR PLATAFORMA RPA

CRICIÚMA
2019

RAFAEL GERBER NEVES

ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DE ORTOMOSAICO OBTIDO POR PLATAFORMA RPA

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Agrimensor no Curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Me. Jóri Ramos Pereira
Coorientador: Prof. Me. Vanildo Rodrigues

CRICIÚMA
2019

RAFAEL GERBER NEVES

ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DE ORTOMOSAICO OBTIDO POR PLATAFORMA RPA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Agrimensor, no Curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Fotogrametria.

Criciúma, 05 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jóri Ramos Pereira - Mestre - Unesc - Orientador

Prof. Nilzo Ivo Ladwig - Doutor - Unesc

Prof. Leandro Dilnei Viana Soares - Mestre - Unesc

Agradeço a Deus pelo dom da vida, aos meus pais pelo apoio incondicional em mais essa jornada e a todos que de alguma forma contribuíram para que o objetivo fosse alcançado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais Artur Neves Neto (*in memoriam*) e Jane Maria Gerber Neves, pela vida, pelo incentivo nessa caminhada, por nunca medirem esforços em ajudar, por me fazerem acreditar que através do esforço os objetivos são alcançados. Minha irmã Alice Gerber Neves pelo amor, paciência e apoio em todos os momentos. Eu amo vocês!

Á todos os familiares pelas palavras de incentivo, em especial aos meus tios Julio Cesar Gerber e Ana Lúcia Antunes Gerber por tudo o que fizeram e contribuíram nessa formação.

Ao orientador Jóri Ramos Pereira e ao coorientador Vanildo Rodrigues pela amizade, disponibilidade, transferência de conhecimentos e auxílio na elaboração deste trabalho, meu muito obrigado!

A todos os funcionários da empresa Pegesul Geotecnologias, em especial ao Engenheiro Agrimensor Gean Zanette Pavei, agradeço por acreditarem no meu potencial e contribuírem para a formação profissional.

Aos funcionários do setor de cadastro e topografia do Iparque-Unesc pela amizade e contribuição nas etapas deste trabalho.

A Unesc e todos os professores do Departamento de Engenharia de Agrimensura pela transmissão de conhecimentos.

Aos colegas de curso pelas vivências, trabalhos em equipe e trocas de informações durante esses anos.

“El Agrimensor contribuye a la paz social através de la determinación de limites."

Mario Jorge Gomensoro

RESUMO

O Cadastro Territorial Multifinalitário serve como ferramenta de auxílio para tomada de decisões e cobrança de tributos, havendo assim necessidade de atualizações constantes na base cadastral. Com o advento de novas tecnologias, a coleta de informações está mais rápida e com diminuição de custos. O trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade posicional planimétrica de um ortomosaico delimitado na região central do município de Lauro Muller-SC obtido por aerolevantamento utilizando RPA, com GSD de 5,62 centímetros, a ser usado no Cadastro Territorial Multifinalitário, tendo como referência a norma Padrão da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS (2014), STANAG 2215 - OTAN e o Decreto lei nº 89.817/1984 complementado pela ET-CQDG, bem como a viabilidade de uso de RPA como forma de obtenção de dados. Por ser uma tecnologia difundida recentemente, se faz necessário verificar a qualidade dos produtos gerados para garantir o seu uso, sendo uma opção para atualização da base cadastral dos municípios. Por meio dos dados levantados com o RPA e receptores GNSS, empregou-se as metodologias propostas pelas normas para classificação do ortomosaico. De acordo com os resultados encontrados, o ortomosaico atende a Classe A na escala 1:1.000 na norma STANAG 2215-OTAN e Decreto lei nº 89.817/ ET-CQDG. A norma Padrão da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS (2014) não faz classificação conforme uma escala específica, somente aponta o tipo de uso para o produto, sendo assim, o ortomosaico pode ser utilizado em trabalhos de “mapeamento padrão e SIG”. As imagens obtidas pelo RPA podem ser utilizadas para a finalidade proposta por possuírem qualidade fotogramétrica, diminuição de custos operacionais e de profissionais envolvidos.

Palavras-chave: Cadastro. Normas. Acurácia. Precisão. Equipamentos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do sistema cadastral 20
Figura 2 – Exemplo de carta topográfica 23
Figura 3 – Exemplo de carta cadastral 24
Figura 4 – Exemplo de mapa temático 24
Figura 5 – Distribuição da constelação GPS 27
Figura 6 – Distribuição da constelação GLONASS 27
Figura 7 – Distribuição da constelação GALILEO 28
Figura 8 – Metodologia para aquisição e geração de produtos 31
Figura 9 – Área de estudo 50
Figura 10 – Receptor GNSS RTK Trimble R6 52
Figura 11 – RPA SenseFly eBee Classic 52
Figura 12 – Fluxograma de trabalho 53
Figura 13 – Área de estudo 55
Figura 14 – Distribuição dos pontos de controle 56
Figura 15 – Implantação dos pontos de controle 60
Figura 16 – Coleta das coordenadas dos pontos de controle 61
Figura 17 – Distribuição dos *Checkpoints* 64
Figura 18 – Plano de voo 65
Figura 19 – Programação de segurança de voo 66
Figura 20 – Fluxograma de processamento das imagens 68
Figura 21 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Este por *Shapiro-Wilk* dos 195 pontos 78
Figura 22 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Norte por *Shapiro-Wilk* dos 195 pontos 79
Figura 23 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Este por *Shapiro-Wilk* dos 149 pontos 80
Figura 24 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Norte por *Shapiro-Wilk* dos 149 pontos 81
Figura 25 – Resultados da análise de precisão 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tolerâncias do Decreto nº 89.817-84/ET-ADGV 36
Tabela 2 – Recomendações do número de pontos de controle conforme a área de estudo 41
Tabela 3 – Classes de acurácia horizontal de ortoimagens digitais 42
Tabela 4 – Fator de conversão para o erro circular.....46
Tabela 5 – Classificação CMAS da acurácia horizontal 47
Tabela 6 – Critérios de classificação em termos da acurácia geométrica 47
Tabela 7 – Critérios de classificação com relação a acurácia vertical.....48
Tabela 8 – Critérios de classificação com relação ao estado de atualização.....48
Tabela 9 – Coordenadas dos pontos de controle 62
Tabela 10 – Comparativo das coordenadas obtidas com GNSS RTK com o ortomosaico 71
Tabela 11 – Resultados estatísticos das discrepâncias posicionais planimétricas dos 195 pontos.....78
Tabela 12 – Resultados do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* dos 195 pontos..78
Tabela 13 – Resultados estatísticos das discrepâncias posicionais planimétricas dos 149 pontos.....79
Tabela 14 – Resultados do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* dos 149 pontos..80
Tabela 15 – Resultados estatísticos das discrepâncias posicionais planimétricas dos 167 pontos.....83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Recomendações de uso dos ortomosaicos 43
Quadro 2 – Materiais utilizados 51
Quadro 3 – Critérios de distribuição 56
Quadro 4 – Características dos receptores 57
Quadro 5 – Características do coletor de dados TSC2 59
Quadro 6 – Características do coletor de dados TSC3 59
Quadro 7 – Características do RPA SenseFly eBee Classic 66
Quadro 8 – Características da câmera SenseFly S.O.D.A. 67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASPRS	*American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* – Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
CMAS	*Circular Map Accuracy Standard* - Padrão de precisão circular do mapa
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
CTA	Centro Tecnológico Aeroespacial
CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DGPS	*Differential Global Positioning System* – Sistema de posicionamento global diferencial
EM	Erro máximo
ET-ADGV	Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
ET-CQDG	Especificação Técnica de Controle de Qualidade em Dados Geoespaciais
GLONASS	*Global Orbiting Navigation Satellite System* - Sistema global de navegação por satélite em órbita
GNSS	*Global Navigation Satellite System* - Sistema Global de Navegação por Satélite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IRNSS	*Indian Regional Navigation Satellite System* - Sistema Regional de Navegação por Satélite da Índia
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
NBR	Norma Brasileira
NNSS	*Navy Navigation Satellite System* - Sistema de navegação por satélite da Marinha
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
PCD	Padrão Cartográfico Digital
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
QZSS	*Quasi-Zenith Satellite System* - Sistema de satélite quase-zênite

RMS	*Root Medium Square* – Erro médio quadrático
RPA	*Remotely Piloted Aircraft* – Aeronave pilotada remotamente
RTK	*Real Time Kinematic* – Posicionamento Cinemático em Tempo Real
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SIFT	*Scale Invariante Feature Transform* - Transformar escala invariante de recurso
SISANT	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
STANAG	*NATO Standardization Agreement* - Acordo de Normalização do Tratado do Atlântico Norte
UFPE	Universidade Federal de Pernanbuco
UFPR	Universidade Federal do Paraná
URSS	União da República Socialista

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
2 OBJETIVOS 17
2.1 OBJETIVOS GERAIS 17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 17
3 REFERENCIAL TEÓRICO 18
3.1 CADASTRO TERRITORIAL MUNICIPAL 18
3.2 BASE CADASTRAL 22
3.3 TECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO 25
3.3.1 Estação Total 25
3.3.2 Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS) 25
3.3.2.1 Métodos de Posicionamento GNSS 28
3.3.3 RPA 29
3.4 AQUISIÇÃO E GERAÇÃO DE PRODUTOS ATRAVÉS DE RPA 30
3.4.1 Planejamento de Voo 31
3.4.2 Pontos de Controle 32
3.4.2.1 Localização 32
3.4.2.2 Dimensões 32
3.4.2.3 Materiais construtivos 33
3.4.2.4 Formas 33
3.4.3 Execução do voo 33
3.4.4 Pós voo 33
3.5 NORMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS 34
3.5.1 Decreto Nº 89.817-84/ ET-CQDG – Brasil 35
3.5.1.1 Teste Shapiro-Wilk 36
3.5.1.2 Teste de análise de tendência 37
3.5.1.3 Teste de análise de precisão 39
3.5.2 Norma Padrão da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS (2014) 40
3.5.3 STANAG 2215 – OTAN 44
4 MATERIAIS E MÉTODOS 49

4.1 ÁREA DE ESTUDO 49
4.2 MATERIAIS 51
4.3 MÉTODOS 53
4.3.1 Delimitação da área de estudo 54
4.3.2 Apoio terrestre 56
4.3.2.1 Definição, implantação e coleta dos pontos de controle 56
4.3.2.2 Geração dos relatórios do levantamento 61
4.3.2.3 Definição, coleta e geração de relatório dos pontos de checagem 63
4.3.3 Aerolevantamento 65
4.3.3.1 Aquisição de imagens 65
4.3.3.2 Processamento de imagens 68
4.3.3.2.1 Download das fotos 69
4.3.3.2.2 Filtragem 69
4.3.3.2.3 1º Alinhamento 69
4.3.3.2.4 Inserção e ajuste dos pontos de controle 69
4.3.3.2.5 2º Alinhamento 70
4.3.3.2.6 Nuvem densa de pontos 70
4.3.3.2.7 Geração de MDS e MDT 70
4.3.3.2.8 Geração do ortomosaico 71
4.3.4 Análise e comparação das discrepâncias planimétricas 71
4.3.5 Aplicação de testes estatísticos 76
4.3.6 Verificação da qualidade posicional planimétrica do ortomosaico 76
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 77
5.1 QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DO ORTOMOSAICO 77
5.2 CLASSIFICAÇÃO CONFORME DECRETO Nº 89.817-84/ ET-CQDG – BRASIL 77
5.3 CLASSIFICAÇÃO CONFORME NORMA PADRÃO DA ACURÁCIA PARA DADOS DIGITAIS GEOESPACIAIS-ASPRS (2014) 82
5.4 CLASSIFICAÇÃO CONFORME NORMA STANAG 2215 – OTAN 83
6 CONCLUSÃO 85
REFERÊNCIAS 87
APÊNDICE 92
APÊNDICE A – PONTOS DE CHECAGEM 93
APÊNDICE B – ORTOMOSAICO DA ÁREA DE ESTUDO 100

ANEXO **101**
ANEXO A – CERTIDÃO DE CADASTRO DA AERONAVE NO SISANT (ANAC). **102**
ANEXO B – MONOGRAFIA DO PONTO BASE **103**
ANEXO C – RELATÓRIO DO PROGRAMA PIX4DMAPPER..... **104**

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução e disseminação das tecnologias de posicionamento, os procedimentos de elaboração de materiais técnicos se tornaram mais eficientes e diversificados, com geração dos produtos de maneira mais rápida, como também incremento nos tipos de documentos disponibilizados. Para diminuição dos custos dos municípios, novas metodologias encontram-se em fase de estudo e implementação contribuindo na organização e gestão territorial das cidades (SOUZA, 2001).

Para aplicação e reunião de informações, se tem o Cadastro Territorial Multifinalitário, importante ferramenta de armazenamento e compilação de dados.

“O cadastro territorial é composto por material cartográfico, que deverá alimentar uma planta básica do município em questão, e uma parte descritiva com informações sobre imóveis e seus proprietários, infraestrutura, entre outros” (VIANA, 2017, p. 8). Na maioria dos municípios brasileiros a base cartográfica é ineficiente, visto que está desatualizada, há ocorrência de distorções, falta de redes de referência cadastral (CARNEIRO E LOCH, 2000).

Como o espaço geográfico tem passado por mudanças significativas, decorrentes de ações promovidas pelo homem ou por agentes naturais, há necessidade de acompanhamento contínuo para manter a base cadastral atualizada (NETO, 2017). Nos últimos anos tecnologias de aquisição de dados por meio de fotogrametria vem ganhando destaque, por proporcionar produtos com precisão e maior rapidez. Dentre os fatores preponderantes para a escolha do RPA (*Remotely-Piloted Aircraft*), tem-se alta resolução espacial, planejamento e execução dos voos de maneira simplificada, obtenção de imagens periódicas, agilidade na aquisição dos dados com consequente redução dos custos operacionais (MOREIRA et al, 2018).

O trabalho tem por finalidade verificar a qualidade posicional planimétrica de um ortomosaico delimitado na região central do município de Lauro Muller-SC, utilizando o Decreto Nº 89.817/ ET-CQDG - Brasil (Especificação Técnica de Controle de Dados Geoespaciais), Padrão da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS (2014) e STANAG 2215 – OTAN para validação. A escolha das três metodologias se deu por cada uma possuir um grau de restrição, importante para observar o comportamento dos resultados. Na primeira etapa realizou-se a definição da metodologia de trabalho, escolha e implantação dos pontos de controle, georreferenciando através de receptor GNSS RTK. Na segunda etapa realizou-se o

tratamento dos dados, processamentos e geração de relatórios técnicos. A terceira etapa compreendeu a realização de cálculos estatísticos para verificação da qualidade do produto gerado, objetivando o uso para o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a qualidade posicional planimétrica de ortomosaico obtido com tecnologia RPA em área no município de Lauro Muller-SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se o produto imagem obtido com RPA atende as legislações que regulamentam produtos cartográficos digitais.
- Analisar a viabilidade do ortomosaico obtido com tecnologia RPA no Cadastro Territorial Multifinalitário.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CADASTRO TERRITORIAL MUNICIPAL

Conforme Sass (2013) desde 3000 anos a.C. no Egito antigo, fez-se a implementação do Cadastro, com fins de taxações para o Estado. Através de um sistema de coordenadas, houve a confecção de um descritivo das terras, a fim de administração e distribuição das terras entre os produtores, levando em consideração as cheias do rio Nilo, mantendo assim a produção e garantindo a subsistência do povo.

A partir de 1807 na França, através do governo de Napoleão Bonaparte, houve relevante avanço no cadastro contemporâneo, onde se intitulou, após a Revolução Francesa, a realização de um cadastro de todo o território francês como também das terras conquistadas, tendo como princípios o mapeamento de regiões estratégicas para o governo, bem como realizar tributação de imóveis (LARSSON, 1996).

Por meio das Sesmarias, o governo português realizou as primeiras medições no Brasil, realizando a distribuição das terras com o intuito de desenvolvimento de algumas áreas, como a criação de gado, agricultura e extrativismo vegetal. Com o término do sistema de Sesmarias em 1822, não houve formulação de um plano para ocupação do território (SASS, 2013).

Ainda conforme Sass (2013), criou-se no Brasil em 1850 a Lei nº 601, que tinha como objetivo regularizar e demarcar as terras separando entre domínio público e particular, obrigando o registro das terras de propriedades rurais. O cadastro territorial somente foi relacionado com o Estatuto da Terra através da Lei 4.504 de novembro de 1964, contudo, regulamentou apenas bens e imóveis rurais. Com a Lei 6015/1973, cada imóvel passou a ter matrícula individualizada, sendo que somente em 1998 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da norma NBR-14166/1998 estabeleceu parâmetros de implantação e manutenção da rede de referência cadastral municipal.

De acordo com Rodrigues (2005), houve no Brasil a consolidação para o desenvolvimento da estrutura de rede urbana na década de 1950. Para atendimento da necessidade de construção do espaço, precisou haver o fortalecimento e reprodução de um modelo de desenvolvimento.

Loch (2007) afirma que no governo de Juscelino Kubitschek (1955-1959) houve relevante mudança no desenvolvimento do modo como o espaço urbano e regional é visto desde então.

Conforme Loch (2001), o início da pesquisa em Cadastro Territorial no Brasil surgiu na década de 70, através de um convênio com o governo alemão, sendo implantado nas Universidades Federais do Paraná e de Pernambuco, sendo que na UFPR a pesquisa não teve continuidade em nenhum grupo e na UFPE a pesquisa teve maior ênfase no cadastro regional.

Para correto desenvolvimento do cadastro no Brasil, em 2009 se tem a publicação da Portaria nº 511 do Ministério das Cidades, definindo que: “será o inventário territorial oficial e sistemático do município e será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca” (BRASIL, 2009, p. 75).

O Cadastro Territorial abrange informações de um determinado imóvel, sendo que, conforme Oliani (2016), pode ser classificado em:

- Fiscal: tem como objetivo identificar o valor e fazer a taxação da propriedade, conforme suas características geométricas, benfeitorias, localização, valor de mercado e histórico, realizando identificação inequívoca da propriedade e do proprietário. Baseando-se, na maioria dos casos em uma base cartográfica, a coleta das informações são realizadas em campo.
- Jurídico: para realização da identificação jurídica, o sistema de registro de títulos é organizado pelos Registros de Imóveis, garantindo o direito de propriedade.
- Geométrico: para definição dos limites físicos da propriedade, se utiliza de levantamentos geodésicos e/ou aerofotogramétricos, associando assim com as informações sobre a propriedade.
- Multifinalitário: elemento base para tomada de decisões, também denominado Sistema de Informação Territorial, está ligado as aplicações dos dados do cadastro, para direcionamento do planejamento urbano.

Para Oliani (2016, p. 13), “o princípio básico de um sistema cadastral deve aliar informações acerca do proprietário, da parcela e da administração do direito à propriedade.” A Figura 1 demonstra a estruturação de um sistema cadastral.

Figura 1 – Estrutura do sistema cadastral

Fonte: Oliani (2016, p. 13)

Para garantir a confiabilidade do cadastro, há necessidade de que o mesmo responda as seguintes questões: “quem”, “onde”, “como” e “quanto”. Com esses dados assegurados, se tem o reflexo da realidade e confiabilidade do sistema cadastral (OLIANI, 2016).

Conforme Dantas (2014), a menor unidade de levantamento utilizada para estruturar um cadastro é a parcela. A apresentação de parcela é dada pela Portaria nº 511 do Ministério das Cidades, sendo “parcela cadastral a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único” (BRASIL, 2009).

No cadastro urbano, diferentemente do cadastro rural, a responsabilidade pela legislação é de cada município, pois não existem leis nacionais de orientação. (CARNEIRO, 2003).

Conforme Oliani (2016), as principais leis que gerem o cadastro a nível municipal são:

- Plano diretor municipal: com base no Estatuto da Cidade, abrange o uso e ocupação do solo, desenvolvimento econômico e meio

ambiente. Torna-se obrigatório para municípios que possuam mais de 20.000 habitantes.

- Lei do perímetro urbano: determina os limites do perímetro urbano dos municípios.
- Lei do parcelamento do solo: entendido como os processos de ocupação e/ou divisão de glebas, cabe à lei dirigir as normas para execução de loteamentos, desmembramentos, desdobros e reparcelamentos. Grande parte dos municípios brasileiros possuem leis próprias referentes a loteamentos e desmembramentos.
- Lei de zoneamento: especifica parâmetros como diferentes usos do solo, gabarito e altura de edificações, taxas de ocupação e densidade populacional. Diferentes zonas possuem normas impostas diferentes, enquanto devem ser idênticas em zonas de mesma espécie.
- Lei do sistema viário: discute a circulação da cidade, estabelecendo diferentes tipos e aplicações de vias, alargamentos, prolongamentos, sistema de transporte de passageiros, abertura de novas vias.
- Código de obras: lei que tem como finalidade garantir condições de higiene, conforto, saúde e segurança para a população. Deve garantir condições de ventilação, isolamento acústico e atmosférico, conforto térmico, havendo compatibilidade entre as edificações, meio urbano e meio ambiente.
- Código de posturas: gerencia os horários de funcionamento de estabelecimentos comerciais e industriais, tratamento dos bens públicos, logradouros e propriedades.

Oliani (2016) cita ainda que as normas que servem de base para o Cadastro Territorial Multifinalitário são a NBR 14166 que trata da Rede de Referência Cadastral Municipal, a Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001, que regulamenta o Estatuto das Cidades, as Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984) e as Diretrizes do Cadastro Territorial Multifinalitário (Portaria Nº 511 do Ministério das Cidades de 7 de dezembro de 2009).

3.2 BASE CADASTRAL

Para Camargo (2011), entende-se como base cadastral a reunião de informações através de um Sistema de Informações Geográficas para possibilitar o planejamento e gestão pública urbana, tendo relevante importância para cumprimento de planos e metas.

Para que seja eficaz, a base deve estar atualizada e ter precisão. A precisão e eficiência do cadastro municipal está diretamente relacionada com a precisão da base cadastral, ou seja, essa necessita estar atualizada e fornecer dados fidedignos. Todos os cálculos de impostos baseiam-se nas informações da propriedade, o que exige a elaboração de um bom cadastro para que a tributação seja justa (VIANA, 2017).

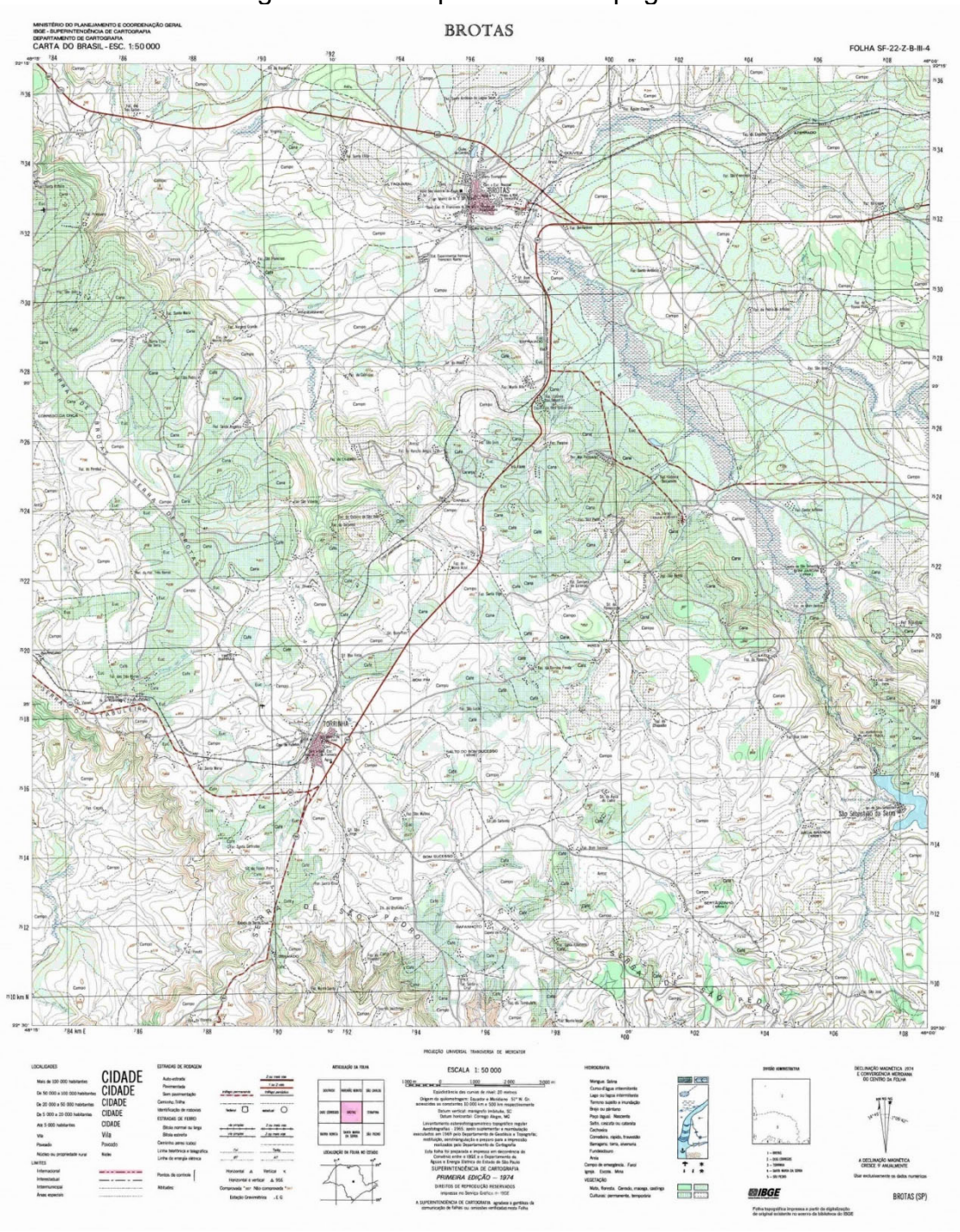
Segundo Volpi (2016) as metodologias para realização de um levantamento cartográfico são variadas, podendo ser realizado por fotogrametria, levantamentos topográficos, sensoriamento remoto, não existindo regras para construção da base cadastral, pois dependerá das características presentes em cada município.

Tem-se como principais classes de produtos cartográficos que contém informações referenciadas espacialmente:

- Cartas topográficas: documento utilizado para estudos temáticos, perfis topográficos, obtenção de informações de hidrografia, uso e cobertura da terra, relevo. “Apresentam os elementos da toponímia, principais feições naturais e artificiais, domínios, as ocupações e suas relações espaciais, representação em escalas médias” (VIANA, 2017).

A Figura 2 evidencia um exemplo de carta topográfica.

Figura 2 – Exemplo de carta topográfica

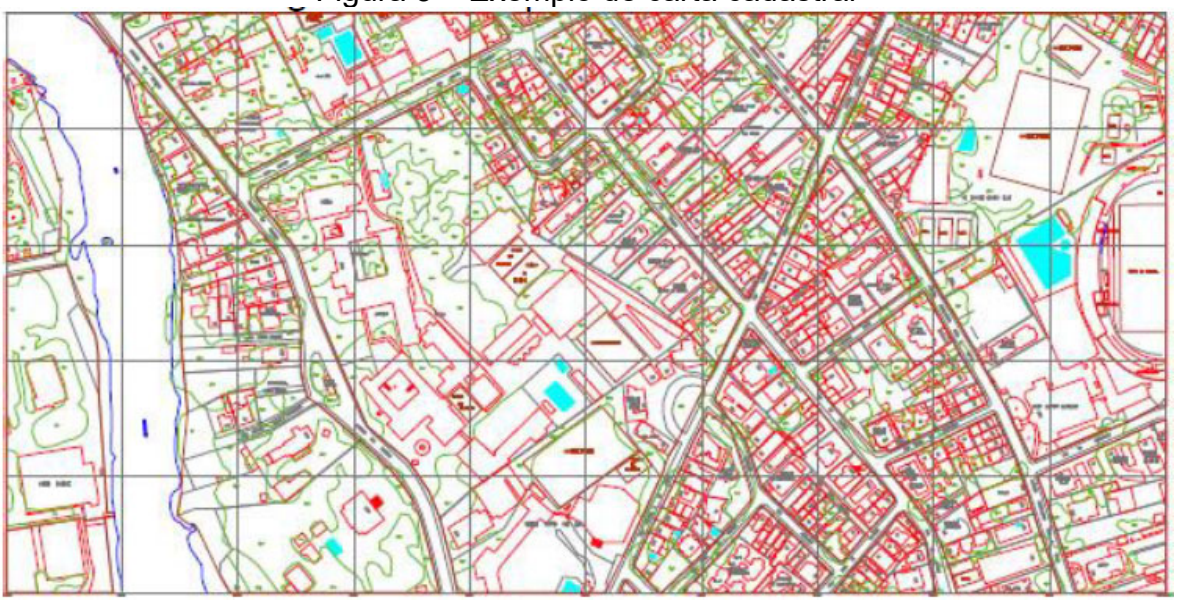


Fonte: Página do IBGE[1].

- Cartas cadastrais: representação em grandes escalas de áreas, domínios públicos e privados, contendo os elementos básicos de cadastro ou edificações (VIANA, 2017). A Figura 3 exemplifica as cartas cadastrais.

[1] Disponível em: <https://loja.ibge.gov.br/brotas-ed-1974-impressa-a-partir-da-digitalizac-o-de-original-existente-no-acervo-da-biblioteca-do-ibge.html>. Acesso em: 06 ago. 2019.

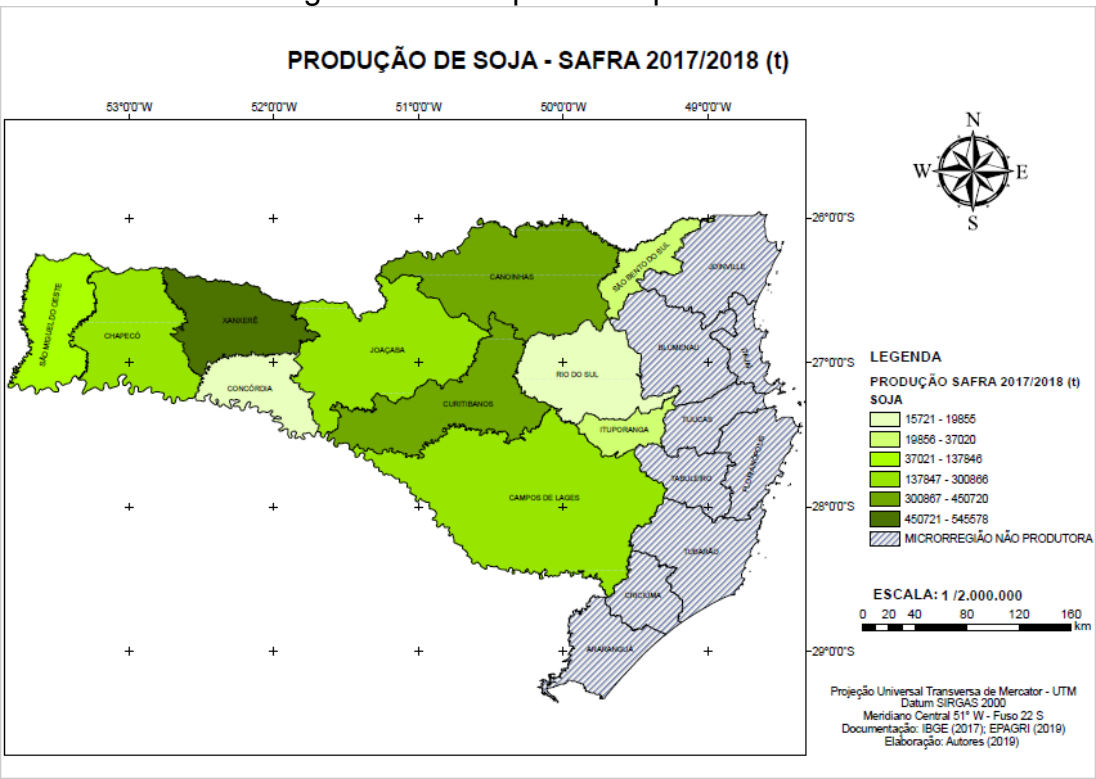
Figura 3 – Exemplo de carta cadastral



Fonte: Portal da Cartografia (2014)[2].

- Mapas temáticos: “a representação espacial privilegia ou distingue categorias de elementos naturais ou artificiais, em escalas pequenas” (VIANA, 2017). A Figura 4 demonstra um mapa temático.

Figura 4 – Exemplo de mapa temático



Fonte: Autor (2019).

[2] Disponível em: < http://portaldacartografia.com.br/notas-de-aula-cartografia-tematica-os-mapas-segundo-a-escala/>. Acesso em: 06 ago. 2019.

Conforme a aplicação e características geométricas, tem-se as formas de visualização adequadas. As informações dependerão da precisão dos produtos, generalizações e distorções. Todos os mapas possuem distorções, sendo o entendimento do usuário crucial para a busca das informações, desde que as mesmas sejam controladas, conhecidas e aceitáveis (ANDERSON, 1982).

3.3 TECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO

3.3.1 Estação Total

Levantamentos topográficos, conforme a história, datam há mais de 3.000 anos atrás. Os avanços na eletrônica, computação e materiais fizeram com que surgissem equipamentos eletrônicos para medição de ângulos e distâncias com precisão, otimizando a obtenção e processamento de dados de campo. Com o advento das estações totais, a coleta e armazenamento dos dados facilitou os trabalhos, evitando uso de cadernetas de campo, que demandava tempo, cálculos manuais e maior número de profissionais. As estações totais unem o teodolito e um distanciômetro eletrônico em um único equipamento. Com a reunião das tecnologias eletrônicas com softwares de automação, se tem a chamada “topografia digital”, importante para todas as etapas de elaboração de documentos topográficos (SOUZA, 2001).

Conforme Gripp (2009), a estação total é formada pela combinação de componentes básicos que efetuam a medição eletrônica de distâncias e ângulos, o microprocessador e a memória para o armazenamento de dados, sendo importante ferramenta de trabalho para efetuar o cadastro, impactando na redução de anotações e cálculos dos operadores.

3.3.2 Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS)

Desde os primórdios, as civilizações necessitavam de orientação no espaço geográfico, sendo que além de interesse e fascinação, havia dependência para garantir a sobrevivência. O principal artifício utilizado pelo homem era a observação dos satélites naturais para obter a localização geográfica, embora não

houvesse tanta precisão e acurácia. Com os desenvolvimentos da astronomia na Mesopotâmia, os gregos se propuseram a entender os movimentos celestes dos satélites naturais, como eram causados e a consequência que traziam (NOGUEIRA e CANALLE, 2009).

Segundo Monico (2007), com a invenção da bússola no oriente, houve grande avanço na navegação, que anteriormente se utilizava de métodos de observação de satélites naturais como a lua, sol, estrelas. Para resolver o problema de posicionamento exato da embarcação em alto mar, houve a criação do astrolábio, que permitia a determinação da latitude, embora com larga margem de erro.

Sobel (1996) afirma que mesmo com o desenvolvimento do quadrante de Davis e do sextante, ainda assim a determinação da longitude permaneceu sendo um problema para os cientistas do século XVIII.

O primeiro sistema apoiado em satélites artificiais foi o NNSS (*Navy Navigation Satellite System*), conhecido também como TRANSIT (SEEBER,1993). A desvantagem se dava em não possuir número significativo de satélites e estar em baixa órbita, não tendo facilidade em uso e custos acessíveis, ausência de boa precisão, sendo utilizado mais para posicionamento geodésico, mesmo com as limitações (MONICO, 2007).

No ano de 1970, através de financiamentos do Governo dos Estados Unidos e sob responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, há o lançamento do sistema NAVSTAR-GPS (*Global Positioning System*), também chamado de GPS (MONICO, 2007).

Segundo Santos (2017, p. 18):

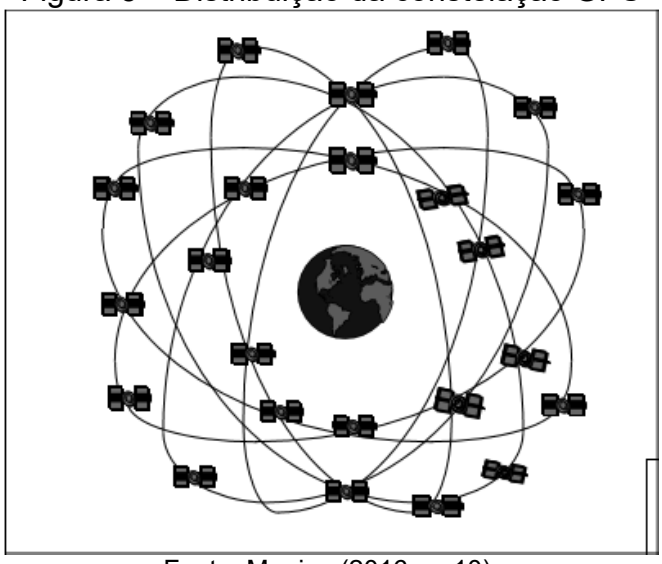
> Importante frisar, que a década 1970, foi um momento histórico da humanidade na guerra fria, marcado pela corrida armamentista entre a antiga União da República Socialista Soviética (URSS) e os Estados Unidos da América, portanto, os russos também foram idealizando, de forma independente, o próprio sistema de navegação por satélite com fins militares. Dessa forma, em paralelo ao GPS, surgiu o GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), baseado num sistema muito parecido com o do seu rival (SANTOS, 2017, p.18).

Demais países lançaram programas para desenvolvimento de constelações próprias, como a China com o sistema Compass, também chamado de BEIDOU, a Agência Espacial Europeia com o GALILEO, a Índia o sistema IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*) e o Japão o sistema QZSS (*Quasi-*

Zenith Satellite System), sendo as constelações Indiana e Japonesa geoestacionárias e as demais globais (KLEIN; GUZATTO; FRANÇA, 2016).

A constelação GPS é composta por 32 satélites de agosto de 2011 até os dias atuais (MONICO, 2016). É distribuída em seis planos orbitais, estando a 20.200 km de altura da superfície da Terra, emitindo sinal 24 horas por dia, sendo este acessível independente da condição do tempo (IBGE, 2018).

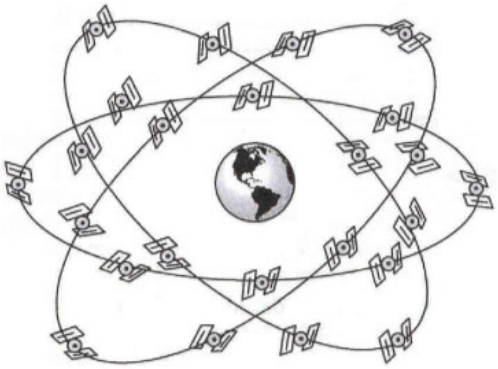
Figura 5 – Distribuição da constelação GPS



Fonte: Monico (2016, p. 10).

Conforme EMBRAPA (2013), o sistema GLONASS é composto por 24 satélites, posicionados equidistantes em três níveis orbitais, sendo oito satélites em cada nível. Com o lançamento em dezembro de 2007 de 14 satélites, houve composição total da constelação. Através da restauração do sistema em outubro de 2011, o recobrimento global se tornou completo.

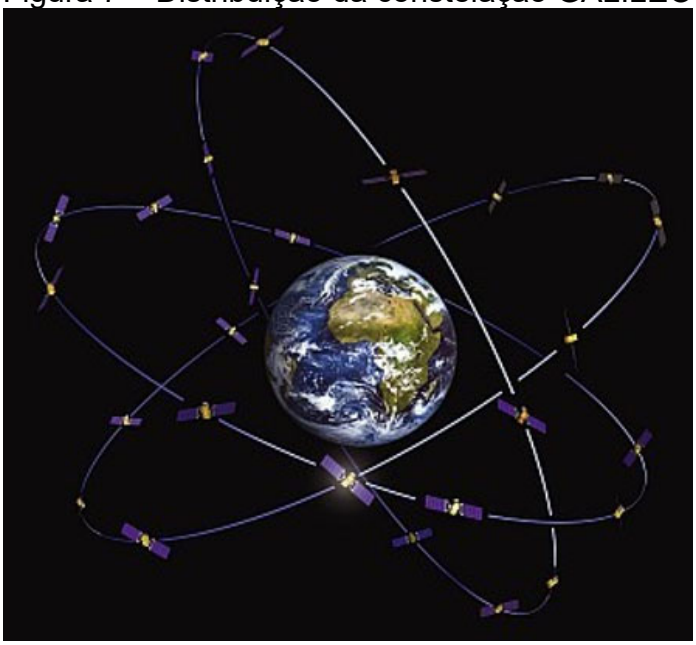
Figura 6 – Distribuição da constelação GLONASS



Fonte: Monico (2016, p. 44).

A constelação GALILEO será estruturado em 30 satélites distribuídos em três órbitas circulares, sendo 27 operacionais e 3 reservas, estando a uma altitude de 23.600 km da superfície da terra (MONICO, 2016).

Figura 7 – Distribuição da constelação GALILEO



Fonte: Monico (2016, p. 60).

Com o acesso facilitado ao GNSS (*Global Navigation Satellite System*), houve incremento e revolução nas navegações e posicionamentos, chegando a níveis de alta precisão, sendo economicamente viável para inúmeras aplicações civis, como a aviação, agricultura e deslocamentos (SOUZA, 2007).

Atualmente é o sistema de posicionamento mais utilizado para diversos fins, como estudos e trabalhos topográficos, geodésicos, fotogrametria, para navegação aérea e marítima, sendo importante para aquisição de dados em campo para realização de geoprocessamento (ROBAINA; TRENTIN, 2013).

3.3.2.1 Métodos de Posicionamento GNSS

Conforme Vaz (2015), os tipos de posicionamentos existentes podem ser divididos em:

- Estático
  - Absoluto: rastreio realizado somente com um receptor estático. Engloba o GPS navegação com precisão de até 6m

e o PPP (Posicionamento por Ponto Preciso), com precisão de 10 cm.

  - Relativo: técnica que engloba uma base e um receptor estático, podendo ser DGPS (diferencial) com precisão de 1m e RTK (*Real Time Kinematic*) com precisão de 1 a 2cm.

- Cinemático
  - Absoluto: realizado com o receptor em movimento, nos modos GPS navegação com precisão entre 10 e 15m ou PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) com precisão de 1m.
  - Relativo: quando se tem um receptor em movimento e um receptor base. Na técnica DGPS se tem precisão de 1m, enquanto na RTK (*Real Time Kinematic*) entre 1 e 2cm.
- Semi-cinemático: também conhecido como *stop and go*, sendo uma transição entre os métodos estático-rápido e o cinemático. “O receptor que ocupa o vértice de interesse permanece estático, porém num tempo de ocupação bastante curto” (INCRA, 2013).

3.3.3 RPA

Segundo Da Silva (2015), o RPA tem definição pelas organizações Norte Americanas como sendo todo veículo não tripulado, com movimentação dada por aparelho remoto, que normalmente leva embarcado equipamentos para captura de imagens, sendo destinados em trabalhos mais arriscados ou que são inacessíveis pelo homem.

O Departamento Norte Americano intitula o RPA como sendo:

> Veículo aéreo motorizado que não transportam operador humano, utilizam forças aerodinâmicas para se elevar, podem voar de forma autônoma ou ser pilotado remotamente, podem ser dispensáveis ou recuperáveis, e podem transportar carga bélicas ou não bélicas. Veículos balísticos ou não balísticos como mísseis de cruzeiro e projéteis de artilharia não são considerados veículos aéreos não tripulados (DOD, 2005, p. 14).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) classifica as aeronaves sem tripulação conforme seu uso, sendo os utilizados para recreação e os RPA (*Remotely-Piloted Aircraft*), que são destinadas a experimentos, trabalhos profissionais comerciais ou institucionais (NUNES, 2017).

Os primeiros RPA tiveram origem no início do século XX, com intuito de uso militar (DA SILVA, 2015). “Os primeiros protótipos do equipamento de origem militar, foram utilizados também em campos de batalhas, para transportar explosivos” (NUNES, 2017, p. 37).

Da Silva (2015) diz que os "Estados Unidos testaram seus primeiros protótipos de RPAs nas guerras da Coréia e do Vietnã, de 1950 a 1970, tendo como principal objetivo o reconhecimento aéreo.” Conforme Oliveira (2005), os primeiros estudos no Brasil foram realizados na década de 80, através do Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) com o projeto do Acauã, com o propósito de realização de reconhecimento tático de baixa altitude, sensoriamento dos recursos naturais bem como auxílio na identificação das frequências de radares.

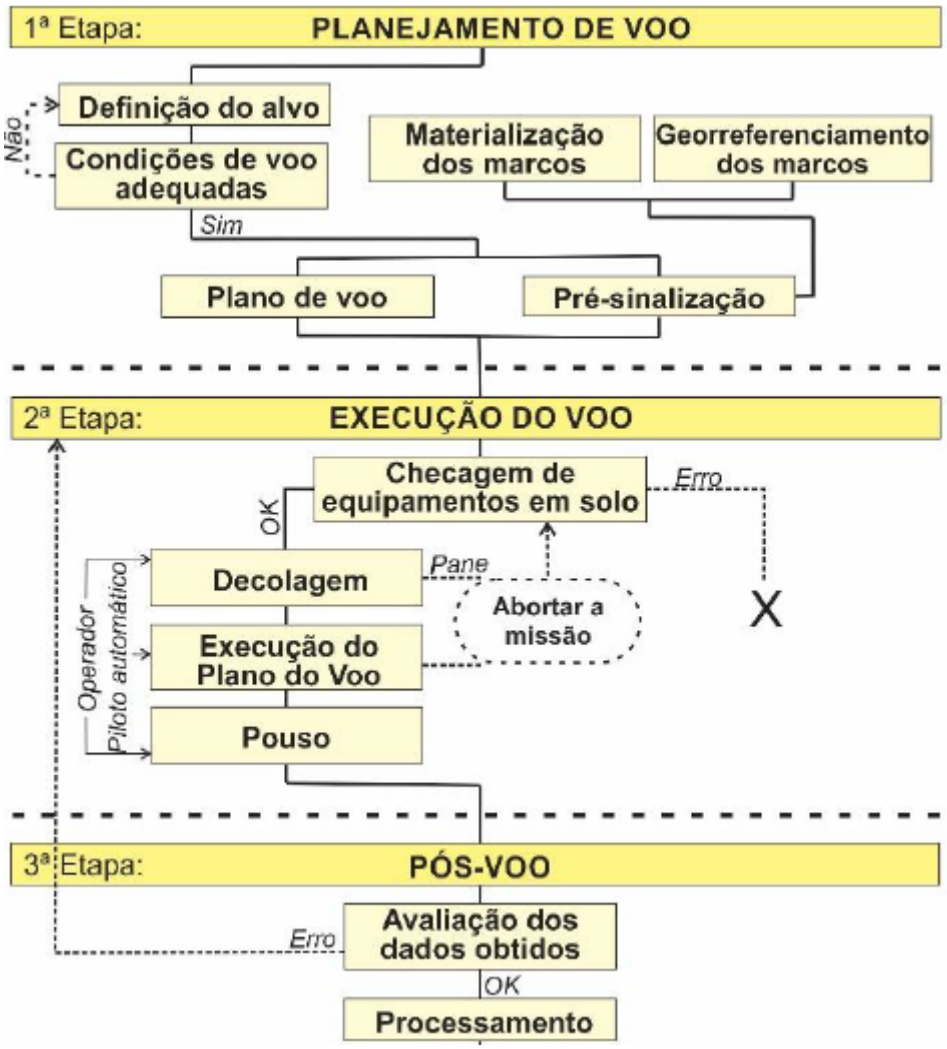
Para extração de dados topográficos através de imagens, as quais podem ser adquiridas por diversas plataformas, se aplica técnicas de aerofotogrametria. A plataforma mais conhecida e utilizada são os aviões embarcados com câmeras fotogramétricas calibradas (JENSEN, 2009). “Entretanto, com o advento dos RPAs, no começo dos anos 2000, estes equipamentos passaram a ser utilizados como plataformas para embarcar câmeras fotográficas e assim obter produtos aerofotogramétricos” (TSCHIEDE, 2018, p. 2).

Com o uso do algoritmo SIFT (*Scale Invariante Feature Transform*), que realiza a identificação das mesmas feições em diferentes ângulos de visada das imagens (LOWE, 2004). Com isso, houve possibilidade de geração de produtos aerofotogramétricos através da incorporação de câmeras de pequeno porte compactas aos VANTs (TSCHIEDE, 2018).

3.4 AQUISIÇÃO E GERAÇÃO DE PRODUTOS ATRAVÉS DE RPA

A Figura 8 ilustra as etapas para aquisição e processamento dos dados, as quais conforme Silva et al. (2015) estão divididas em três etapas: planejamento de voo; execução do voo; e pós voo.

Figura 8 – Metodologia para aquisição e geração de produtos



Fonte: Adaptado de Da Silva (2016, p. 79).

3.4.1 Planejamento de Voo

Conforme Da Silva (2016) esta etapa corresponde a definição da área a ser imageada, verificando os parâmetros e condições para realização do voo. Inicialmente, se realiza cadastro da aeronave no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) da ANAC, onde há necessidade de informar dados pessoais do responsável pela aeronave, pois conforme ANAC (2019) “cada equipamento deve estar vinculado a uma pessoa ou a uma empresa no Brasil, que será a responsável legal pela aeronave.” Após cadastro, é gerado pelo sistema uma certidão, obrigatória para todas as operações.

Conforme Da Silva (2016), após verificação das condições adequadas para o voo é realizado o plano de voo e a sinalização dos pontos de controle, que são

materializados em campo por marcações artificiais a fim de serem identificados no processo de orientação das fotos.

3.4.2 Pontos de Controle

Os projetos de engenharia de um modo geral, para que tenham precisão posicional planimétrica e altimétrica, necessitam de processos de otimização, garantindo maior precisão das plantas e mapas. A pré-sinalização utilizando pontos de controle contribui para que os requisitos sejam atendidos (COSTA, 2012).

A pré-sinalização é recomendada por normas internacionais em levantamentos aerofotogramétricos convencionais. Se trata de uma marca artificial no terreno, sendo possível sua identificação na fotografia. Tem como principal objetivo proporcionar medições com maior precisão das coordenadas utilizadas como apoio para a fototriangulação, contribuindo nas etapas de orientação exterior das imagens. Pode se utilizar também cantos de propriedades como referência, visto que em certos projetos a localização da identificação não é apropriada. (US ARMY, 2002).

Conforme Redweik (2007), devem ser considerados aspectos como localização, dimensões, materiais de construção e formas dos alvos para as etapas de planejamento e implantação.

3.4.2.1 Localização

Segundo Costa (2012):

> A localização das marcas é planejada em função do plano de voo da área a ser levantada, e deve estar em concordância com os requisitos de distribuição geral e localização estratégica dos pontos de controle e amarração dos blocos. As marcas devem ser dispostas em terreno plano, com boa visibilidade de cima e longe de objetos altos (edifícios, árvores, aterros). Quanto maior o número de fotos em que um mesmo ponto é medido mais confiáveis serão os valores finais das coordenadas calculadas (COSTA, 2012, p. 4).

3.4.2.2 Dimensões

Para a determinação das dimensões dos alvos, há dependência da escala fotográfica determinada, sendo a resolução da imagem digital o ponto de partida. O contraste das cores do local, luminosidade e condições de visibilidade com relação à altura do voo são outros fatores determinantes para se conseguir uma boa

visualização dos alvos sinalizados em campo nas imagens, impactando significativamente a precisão da medição (COSTA, 2012).

3.4.2.3 Materiais construtivos

Conforme Costa (2012):

> As marcas são geralmente materializadas com tinta, telas plásticas ou tecidos resistentes fixados ao terreno. Na escolha da tinta a ser empregada é preciso considerar o tempo de permanência pretendido. É desejável que as marcas sejam as mais permanentes possíveis, pois não é conveniente que a pintura se deteriore pela ação das intempéries antes da realização do voo e da medição (COSTA, 2012, p. 4).

3.4.2.4 Formas

Conforme US Army (2002), as formas sugeridas para implantação dos pontos de controle são em formas de cruz, T ou Y.

3.4.3 Execução do voo

Etapa que compreende a checagem de todos os equipamentos em solo, sendo a operação cancelada em caso de detecção de alguma anomalia. Após, se realiza a decolagem por meio de lançamento manual, entrando em funcionamento o piloto automático da aeronave, que executa o plano de voo estabelecido. Toda a operação é controlada pela base de solo, a qual tem acesso em tempo real dos dados de telemetria como altitude, localização, distância do local de lançamento, velocidade de voo, velocidade do vento, número de satélites captados pelo GPS, carga da bateria, temperatura dos componentes (DA SILVA, 2016).

3.4.4 Pós voo

Conforme Da Silva (2016) consiste na avaliação dos dados coletados no voo, verificando a qualidade das imagens obtidas quanto a nitidez e contraste.

“É verificada se toda a trilha do voo foi gravada sem interrupções, se durante o voo, devido ao vento, o VANT não se distanciou demasiadamente da linha planejada, causando perda no recobrimento lateral das fotografias” (DA SILVA, 2016, p. 81).

Com os dados verificados, se tem o início do processamento em software específico. Na primeira etapa são executadas três tarefas. Na primeira se tem a geração de um relatório de qualidade, onde é mostrado uma prévia do mosaico e informações referentes ao posicionamento das imagens e geolocalização. Na segunda se tem uma análise de correspondências das imagens para geração do ortomosaico. Na terceira tarefa se tem a calibração das imagens (PIX4D, 2016).

Na segunda etapa tem-se a geração da nuvem de pontos, essencial para a criação do ortomosaico (PIX4D, 2016). “Essa nuvem é gerada com auxílio das técnicas de Ajuste de Feixes em Bloco e de Triangulação Aérea, onde cada pixel da nuvem é associado às imagens originais da área” (GERKE, 2017, p. 43).

A terceira etapa consiste na geração de um Modelo Digital de Superfície, que mesclado com a nuvem de pontos fornece o ortomosaico (PIX4D, 2016).

Na ortorretificação se tem a transformação da visada cônica obtida pelo sensor em projeções ortogonais, que possuem escalas uniformes. Os deslocamentos são corrigidos com relação ao relevo e inclinação da câmara, originando produtos cartográficos que permitem executar medidas de ângulos e distâncias confiáveis. É um dos processos mais importantes na construção dos modelos de terreno e ortomosaicos através das imagens brutas (HU; TAO; CROITURU, 2004).

Com o ortomosaico gerado, realiza-se baseado em normas de acurácia posicional os cálculos estatísticos necessários para classificação, verificando a aplicação no Cadastro Territorial Multifinalitário.

3.5 NORMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Para se fazer uso de materiais cartográficos, se recomenda a análise e estudo da sua acurácia, para que não se faça uso de análises com resultados distantes do objetivo proposto (BURITY, 1999).

Zanetti (2018) afirma que:

> Uma das maneiras de verificação de acurácia de um determinado produto é a comparação entre as suas informações com as observadas no campo, sendo estas feitas a partir de medições confiáveis e de melhor qualidade. A verificação da acurácia do produto é efetuada a partir de estimadores estatísticos para um certo nível de confiança (ZANETTI, 2018, p. 360).

Para Bueno (1996), qualidade é entendido como “característica de uma coisa; modo de ser; disposição geral; predicado; nobreza; espécie; gravidade, aptidão”.

“Nos estudos da qualidade de um produto cartográfico, ele poderá ser identificado como satisfatório (ou não) para o fim a que se destina quando submetido a um teste de controle de qualidade” (ZANETTI, 2018, p. 362).

3.5.1 Decreto Nº 89.817-84/ ET-CQDG – Brasil

O Decreto nº 89.817 de 1984 teve sua criação na era da cartografia analógica, onde o objetivo era de avaliar cartas de pequena escala. Zanetti (2018) afirma que com o surgimento da ET-CQDG (Especificação Técnica de Controle de Qualidade em Dados Geoespaciais) para cartografia digital também houve ocorrência de alguns erros de definição, como troca do termo “Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) por Erro Máximo (EM) e em outra parte chama de Erro Médio.

Conforme BRASIL (2016):

> O Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, estabeleceu critérios para classificação de cartas quanto à sua exatidão e à distribuição de erros ao longo das mesmas, utilizando um indicador estatístico da qualidade posicional, denominado de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) (BRASIL, 2016, p. 48).

Ainda conforme BRASIL (2016) o objetivo principal do decreto foi garantir a exatidão cartográfica para dados analógicos, produtos esses presentes na época.

Com a evolução tecnológica houve necessidade de se estabelecer novos padrões de qualidade, em face a utilização de dados geoespaciais aliados a evolução dos equipamentos (BRASIL, 2016).

“Desta forma no Brasil, o padrão de acurácia posicional é definido pelo Decreto nº 89.817, podendo ser complementado pela ET-CQDG” (ZANETTI, 2018, p. 374).

A ET-CQDG possui tolerâncias para produtos digitais mais restritivas que o Decreto nº 89.817 (ZANETTI, 2018). O objetivo principal da norma é padronizar a avaliação da qualidade dos produtos de dados espaciais do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) (DSG, 2016).

Para se enquadrar nas classes estabelecidas pelo PEC-PCD, estatisticamente 90% dos pontos coletados no material cartográfico necessitam ser

homólogos com os pontos oriundos da fonte com maior precisão. Os desvios nas coordenadas devem ser iguais ou inferiores ao erro máximo (EM) e ao erro padrão (EP) estabelecidos a cada um dos produtos (DSG, 2016).

Em junho de 2011, a Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, criou a Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), em atendimento à era digital (LUZ, 2015).

A Tabela 1 apresenta as tolerâncias para a avaliação da acurácia posicional utilizando a ET-ADGV.

Tabela 1 – Tolerâncias do Decreto nº 89.817-84/ET-ADGV

Decreto	ET-ADGV	Planimetria	
		PEC (mm)	EP (mm)
-	A	0,28.D*	0,17.D
A	B	0,50.D	0,30.D
B	C	0,80.D	0,50.D
C	D	1,00.D	0,60.D

**D refere-se ao denominador da escala*

Fonte: BRASIL (1984) e DSG (2016).

Para se realizar a verificação da exatidão cartográfica conforme a norma, exige-se cálculos de teste de normalidade, análise de tendência e precisão.

Para o teste de normalidade, aplica-se o teste estatístico de Shapiro-Wilk, que, conforme Rosso (2018, p. 25) “estabelece se as amostras seguem uma distribuição normal, para a aplicação de novos testes.”

Para realizar a análise de tendência utiliza-se o teste *t de Student* e para a análise de precisão do produto o teste de *qui-quadrado* (GALO E CAMARGO, 1994).

Conforme Galo e Camargo (1994):

> A precisão está ligada com a dispersão das observações em torno do valor médio, enquanto a acurácia está relacionada com a proximidade do valor real, ou seja, sem a influência de erros sistemáticos. Portanto, na análise da exatidão estes dois aspectos devem ser considerados. (GALO E CAMARGO, 1994. p. 5).

3.5.1.1 Teste Shapiro-Wilk

Através do cálculo estatístico da variável W verifica-se a normalidade das discrepâncias posicionais planimétricas, sendo que o método de Shapiro-Wilk exige o nível de confiabilidade de 95%. A Equação 1 demonstra o cálculo.

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

Onde:

X_i: valores ordenados da amostra.

b: constante.

A constante b é determinada pela Equação 2.

$$b = \sum_{i=1}^{k} a_{n-i+1}\left(x_{(n-i+1)} - x_i\right) \quad (2)$$

Onde:

$$\mathrm{k}=\frac{\mathrm{n}}{2} \text{ se n for par} \quad (3)$$

$$\mathrm{k}=\frac{(n+1)}{2} \text{ se n for ímpar}$$

As hipóteses adotadas são conforme a distribuição normal, caso a amostra provém ou não. Com valor de p-valor < a hipótese de normalidade está rejeitada.

3.5.1.2 Teste de análise de tendência

Baseia-se nas discrepâncias entre as coordenadas (Este e Norte) levantadas com o uso de um receptor GNSS, os quais serão utilizadas como referência e as coordenadas encontradas no ortomosaico obtido com *drone*, conforme as Equações 4 e 5.

$$\Delta E = E_{GNSS} - E_{imagem} \quad (4)$$

$$\Delta N = N_{GNSS} - N_{imagem} \quad (5)$$

Onde:

ΔE: discrepâncias na coordenada este.

ΔN: discrepâncias na coordenada norte.

E_{GNSS}: coordenada este obtida com receptor GNSS.

N_{GNSS}: coordenada norte obtida com receptor GNSS.

E_{imagem}: coordenada este obtida na imagem.

N_{imagem}: coordenada norte obtida na imagem.

Para o cálculo das médias, utilizam-se as Equações 6 e 7.

$$\overline{\Delta E} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta E}{n} \tag{6}$$

$$\overline{\Delta N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta N}{n} \tag{7}$$

Onde:

$\sum_{i=1}^{n} \Delta E$: somatório das discrepâncias na coordenada este.

$\sum_{i=1}^{n} \Delta N$:somatório das discrepâncias na coordenada norte.

n: número de pontos.

Para o cálculo dos desvios-padrões, utilizam-se as Equações 8 e 9.

$$S_{\Delta E} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta E - \overline{\Delta E})^2}{n \times (n-1)}} \tag{8}$$

$$S_{\Delta \boldsymbol{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta N - \overline{\Delta N})^2}{n \times (n-1)}} \tag{9}$$

Onde:

$S_{\Delta E}$: desvio-padrão com relação a coordenada este.

$S_{\Delta \boldsymbol{N}}$: desvio-padrão com relação a coordenada norte.

Calcula-se a estatística amostral através das Equações 10 e 11.

$$t_E = \frac{\overline{\Delta E}}{S_{\Delta E}} \times \sqrt{n} \quad (10)$$

$$t_N = \frac{\overline{\Delta N}}{S_{\Delta N}} \times \sqrt{n} \quad (11)$$

Onde:

t_E: estatística amostral para a coordenada este.

t_N: estatística amostral para a coordenada norte.

Calcula-se o intervalo de confiança através das Equação 12.

$$|t_X| < t_{\left(n-1,\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (12)$$

Onde:

$t_{\left(n-1,\frac{\alpha}{2}\right)}$: valor de *t de Student* tabelado.

No teste de tendência se tem a avaliação conforme as hipóteses:

$$H_0: \overline{\Delta X} = 0 \quad contra \quad H_1: \overline{\Delta X} \neq 0$$

3.5.1.3 Teste de análise de precisão

A análise de precisão se refere a comparação do desvio padrão das discrepâncias com o erro padrão (ROSSO, 2018).

Comprova-se o teste de hipótese através de:

$$H_0: \begin{matrix} S_{\Delta E} = \sigma \\ S_{\Delta N} = \sigma \end{matrix} \quad \text{contra} \quad H_1: \begin{matrix} S_{\Delta E} > \sigma \\ S_{\Delta N} > \sigma \end{matrix}$$

Onde:

σ: Desvio-padrão esperado para determinada classe.

Para testes planimétricos considera-se a Equação 13.

$$\sigma = \frac{EP}{\sqrt{2}} \tag{13}$$

Onde:
EP: erro padrão.

Para realização do cálculo de *qui-quadrado* utiliza-se as Equações 14 e 15.

$$x_E^2 = (n-1) \times \frac{S_{\Delta E}^2}{\sigma_E^2} \tag{14}$$

$$x_N^2 = (n-1) \times \frac{S_{\Delta N}^2}{\sigma_N^2} \tag{15}$$

Com os resultados dos cálculos, verifica-se se o valor está contido em um intervalo de aceitação, conforme Equações 16 e 17.

$$x_E^2 \leq x_{(n-1,\alpha)}^2 \tag{16}$$

$$x_N^2 \leq x_{(n-1,\alpha)}^2 \tag{17}$$

Onde:
$x_{(n-1,\alpha)}^2$: valor tabelado de *qui-quadrado*.

3.5.2 Norma Padrão da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS (2014)

Conforme Zanetti (2018) a norma desenvolvida em 2014 pela Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto dos Estados Unidos (ASPRS) intitulada Padrões da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais (*ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*) para o estudo da acurácia posicional foi redigida levando em consideração as tecnologias atuais para mapeamento.

Zanetti (2018) afirma ainda que:

> Atualmente, a norma oficial dos Estados Unidos é o “Padrão Nacional de Acurácia de Dados Espaciais” (NSSDA), de 1998, que utiliza como base o padrão da ASPRS de 1990. Ao contrário de normas anteriores, o padrão ASPRS de 2014 é independente da escala do mapeamento e da equidistância vertical entre curvas de nível, e abrange o grau mais alto de acurácia alcançáveis pelas mais recentes tecnologias (por exemplo, VANT e LIDAR), e proporcionam a flexibilidade suficiente para ser aplicáveis a futuras tecnologias. (ZANETTI, 2018, p. 364)

Segundo Zanetti (2018, p. 365) a norma da ASPRS de 2014 “especifica a quantidade de números de pontos de checagem que está relacionada diretamente ao tamanho da área de estudo”. A Tabela 2 demonstra as recomendações.

Tabela 2 – Recomendações do número de pontos de controle conforme a área de estudo

Área do projeto (km²)	Teste posição horizontal Número total de pontos estáticos (pontos claramente definidos)
≤ 500	20
501-750	25
751-1000	30
1001-1250	35
1251-1500	40
1501-1750	45
1751-2000	50
2001-2250	55
2251-2500	60

Fonte: Adaptado da norma ASPRS (2014).

Para se avaliar a acurácia posicional calcula-se o valor do RMS da imagem. Utilizando os pontos de checagem e as discrepâncias posicionais é calculado o RMSEx e RMSEy, conforme as Equações 18 e 19.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{data} - x_{check})^2}{n}} \tag{18}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{data} - y_{check})^2}{n}} \tag{19}$$

Sendo:

x_{data}: valor de x no documento de teste;

x_{check}: valor de x no documento de referência;

y_{data}: valor de y no documento de teste;

y_{check}: valor de y no documento de referência.

Após realização dos cálculos, utiliza-se a para definição da classe de acurácia horizontal do produto analisado.

Tabela 3 – Classes de acurácia horizontal de ortoimagens digitais

Escala do mapa	GSD aproximado da imagem capturada	Classe de acurácia horizontal	$RMSE_x$ e $RMSE_y$ (cm)	$RMSE_r$ (cm)	Acurácia horizontal com nível de confiabilidade de 95% (cm)
1:100	1-2 cm	I	1,3	1,8	3,1
		II	2,5	3,5	6,1
		III	3,8	5,3	9,2
1:200	2-3 cm	I	2,5	3,5	6,1
		II	5,0	7,1	12,2
		III	7,5	10,6	18,4
1:250	3-4 cm	I	3,1	4,4	7,6
		II	6,3	8,8	15,3
		III	9,4	13,3	22,9
1:500	4-10 cm	I	6,3	8,8	15,3
		II	12,5	17,7	30,6
		III	18,8	26,5	45,9
1:1000	10-20 cm	I	12,5	17,7	30,6
		II	25,0	35,4	61,2
		III	37,5	53,0	91,9
1:2000	20-30 cm	I	25,0	35,4	61,2
		II	50,0	70,7	122,4
		III	75,0	106,1	183,6
1:2500	30-40 cm	I	31,3	44,2	76,5
		II	62,5	88,4	153,0
		III	93,8	132,6	229,5
1:5000	40-100 cm	I	62,5	88,4	153,0
		II	125,0	176,8	306,0
		III	187,5	265,2	458,9
1:10000	1-2 m	I	125,0	176,8	306,0
		II	250,0	353,6	611,9
		III	375,0	530,3	917,9
1:25000	3-4 m	I	312,5	441,9	764,9
		II	625,0	883,9	1529,8
		III	937,5	1325,8	2294,7

Fonte: Adaptado da norma ASPRS (2014).

Para os cálculos de $RMSE_r$ e acurácia horizontal com confiabilidade de 95% utiliza-se as Equações 20 e 21, respectivamente.

$$RMSE_r = \sqrt{\left(RMSE_x^2 + RMSE_y^2\right)} \quad (20)$$

$$Confiabilidade_{95\%} = RMSE_r \times 1{,}7308 \quad (21)$$

Através da análise de três níveis de acurácia posicional a norma fornece as aplicações apropriadas de uso da ortomosaico (ZANETTI, 2018). O Quadro 1 evidencia a recomendação do uso do ortomosaico baseado no valor do pixel e os resultados de $RMSE_x$ e $RMSE_y$. A norma não classifica o ortomosaico segundo uma escala, apenas calcula a acurácia com base no valor do RMS resultante posicional com nível de confiança de 95%.

Quadro 1 – Recomendações de uso dos ortomosaicos

Tamanho do pixel do ortomosaico	Valores de $RMSE_x$ e $RMSE_y$ (cm)	Valores de $RMSE_x$ e $RMSE_y$ em termos de pixels	Acurácia
1,25 cm	≤ 1,3	≤ 1 pixel	Acurácia geoespacial de maior importância
	2,5	2 pixels	Mapeamento padrão e trabalho SIG
	≥ 3,8	≥ 3 pixels	Quando não forem necessárias acurácias mais altas
2,5 cm	≤ 2,5	≤ 1 pixel	Acurácia geoespacial de maior importância
	5,0	2 pixels	Mapeamento padrão e trabalho SIG
	≥ 7,5	≥ 3 pixels	Quando não forem necessárias acurácias mais altas
5,0 cm	≤ 5,0	≤ 1 pixel	Acurácia geoespacial de maior importância
	10,0	2 pixels	Mapeamento padrão e trabalho SIG
	≥ 15,0	≥ 3 pixels	Quando não forem necessárias

			acurácias mais altas
7,5 cm	≤ 7,5	≤ 1 pixel	Acurácia geoespacial de maior importância
	15,0	2 pixels	Mapeamento padrão e trabalho SIG
	≥ 22,5	≥ 3 pixels	Quando não forem necessárias acurácias mais altas

Fonte: Adaptado de ASPRS (2014, p. 14).

3.5.3 STANAG 2215 – OTAN

A finalidade da norma STANAG 2215 é de fazer padronização quanto a avaliação de mapas terrestres, dados cartográficos digitais e cartas aeronáuticas utilizadas pelas Forças Armadas da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) (ZANETTI, 2018).

A metodologia descrita pela norma abrange a realização do levantamento de 167 pontos de checagem, tendo nível de confiança da acurácia posicional de 90%, destacando a importância da amostragem representativa na área de estudo (NSA, 2010).

Conforme a norma STANAG 2215, o cálculo da acurácia posicional horizontal é realizado utilizando um estimador estatístico, o desvio padrão circular, apresentado na Equação 22.

$$\sigma_{CM} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\frac{\sum\left(\delta E_i - \overline{\delta E}\right)^2 + \sum\left(\delta N_i - \overline{\delta N}\right)^2}{n-1}\right]} \tag{22}$$

Onde:

σ_{CM}: Desvio-padrão circular entre das diferenças medidas entre o produto testado e a fonte de referência.

δE_i, δN_i: Diferença entre os valores da medição e os valores de referência, nos eixos este e norte;

$\overline{\delta E}$, $\overline{\delta N}$: Valor médio das diferenças em este e norte, respectivamente;

n: Quantidade de pontos.

Zanetti (2018) afirma que em casos onde a referência conter erros significativos precisa-se adotar os seguintes critérios:

a. Se a imagem a ser avaliada utilizou dados do produto de referência, deve-se utilizar a Equação 23.

$$\sigma_C = \sqrt{\sigma_{CM}^2 + \sigma_{CR}^2} \tag{23}$$

Onde:

σ_{CM}: Desvio-padrão circular final do produto de teste;

σ_{CR}: Desvio-padrão do produto usado como referência.

b. Se o material de análise utilizar dados independentes do material de referência, utiliza-se a Equação 24.

$$\sigma_C = \sqrt{\sigma_{CM}^2 - \sigma_{CR}^2} \tag{24}$$

Caso não ocorram desvios significativos nos dados de referência, utiliza-se a Equação 25 que considera que o desvio-padrão circular das discrepâncias entre o material de teste e o de referência deve ser igual ao desvio-padrão circular final do material de teste.

$$\sigma_C = \sigma_{CM} \tag{25}$$

De posse do desvio-padrão circular final, encontra-se a acurácia horizontal absoluta, através do cálculo do CMAS (*Circular Map Accuracy Standard*), conforme Equação 26 e comparado com a Tabela 4.

$$CMAS = 2{,}146 \times \sigma_C \tag{26}$$

Tabela 4 – Fator de conversão para o erro circular

	σ_c (39,35%)	CPE (50%)	MSE (63,21%)	CMAS (90,00%)
σ_c (39,35%)	1,0000	1,1774	1,4142	2,1460
CPE (50%)	0,8493	1,0000	1,2011	1,8227
MSE (63,21%)	0,7071	0,8325	1,0000	1,5174
CMAS (90,00%)	0,4660	0,5486	0,6590	1,0000

Fonte: Zanetti (2018, p. 370).

Sendo:

CPE: Erro circular provável.

MSE: Erro quadrático médio.

CMAS: Padrão de acurácia circular do mapa.

Caso o produto apresente tendência nas discrepâncias posicionais, deve-se utilizar a Equação 27 para calcular o valor de CMAS (ZANETTI, 2018).

$$CMAS = \sigma_C \times \left[1{,}2943 \times \sqrt{\left(\frac{\overline{\delta E}^2 + \overline{\delta N}^2}{\sigma_C}\right)^2 + 0{,}7254}\right] \tag{27}$$

Para detecção de *outliers*, utiliza-se a Equação 28. Os *outliers* são conjuntos de dados em que seus valores destoam dos restantes.

$$R = \sqrt{\left(\delta E_i - \overline{\delta E}\right)^2 + \left(\delta N_i - \overline{\delta N}\right)^2} \tag{28}$$

Para ser considerado *outlier*, o ponto checado deve atender a seguinte condição:

$$R > M_2 \times \sigma_C \tag{29}$$

Em amostras de tamanho grande, considera-se o valor de M_2 igual a 3,5, o que corresponde à probabilidade de erro de 99,78% (ZANETTI, 2018).

Para realização da análise de tendência, a norma baseia-se no teste *t de Student*, conforme Equação 30.

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \tag{30}$$

Com o resultado da Equação 30, se faz a análise de tendência. Caso esteja dentro do intervalo de $(\bar{x} - t_{10\%} \times \sigma_{\bar{x}}) - (\bar{x} + t_{10\%} \times \sigma_{\bar{x}})$, não apresenta tendência significativa, sendo aplicado separadamente para os componentes norte e este.

Segundo Zanetti (2018):

> Após a detecção de *outliers* e análise de tendência, calcula-se o CMAS e classifica-se o produto em relação à acurácia horizontal. Para classificação, o CMAS deve apresentar valor menor ou igual à tolerância definida para classe e escala testada (ZANETTI, 2018, p. 372).

A Tabela 5 apresenta os critérios para classificação de acurácia com relação a componente horizontal.

Tabela 5 – Classificação CMAS da acurácia horizontal

Classe	Tolerância (mm)	Escala ou Resolução Digital Equivalente				
		1:25000	1:50000	1:100000	1:200000	1:250000
A	0,5	12,5 m	25 m	50 m	100 m	125 m
B	1,0	25 m	50 m	100 m	200 m	250 m
C	2,0	50 m	100 m	200 m	400 m	500 m
D	>2,0	Classificação pior que C				
E	Não determinado					

Fonte: Zanetti (2018, p. 372).

Através de uma nomenclatura formada por seis dígitos, obtém-se a avaliação final do produto (NSA, 2010).

A 1ª letra refere-se à acurácia geométrica absoluta no referencial geodésico WGS84 e modelo de geoide EGM96. A Tabela 6 demonstra os valores.

Tabela 6 – Critérios de classificação em termos da acurácia geométrica

Classe	Classificação horizontal e vertical	
	Classificação CMAS	Classificação LMAS
A	A	0
B	B	1
C	C	2
D	D	3
E	Produto não referenciado ao WGS84	

Fonte: Zanetti (2018, p. 372).

A acurácia horizontal absoluta (CMAS) é identificada pela 2ª letra, conforme Tabela 5. O primeiro número da nomenclatura refere-se à acurácia vertical absoluta (LMAS), conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Critérios de classificação com relação a acurácia vertical

Classe	Escala ou Resolução Digital Equivalente				
	1:25000	1:50000	1:100000	1:200000	1:250000
0	2,5 m	5 m	10 m	20 m	25 m
1	5 m	10 m	20 m	40 m	50 m
2	10 m	20 m	40 m	80 m	100 m
3	Classificação pior que 2				
4	Não determinado				

Fonte: Zanetti (2018, p. 373).

O estado de atualização está evidenciado na 3ª letra, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Critérios de classificação com relação ao estado de atualização

Letra	Estado de atualização
M	Produto correspondente aos critérios de atualização
R	Produto exige ações de manutenção e atualização, pois não atende aos critérios de atualização
X	Não determinado

Fonte: Zanetti (2018, p. 373).

Os dois dígitos finais correspondem a data efetiva da informação. Zanetti (2018) exemplifica a classificação de um produto conforme abaixo:

> A norma exemplifica a nomenclatura para a avaliação de um produto, como por exemplo de um mapa na escala 1: 50.000. Sendo compilado em 1979, a partir de informações corretas até 1977; com Datum ED50, CMAS de 40 metros, LMAS de 20 metros e apresentando estradas e ferrovias 80% corretas, este mapa possui nomenclatura EB2R77 a partir da avaliação de qualidade da STANAG 2215 (ZANETTI, 2018, p. 373).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

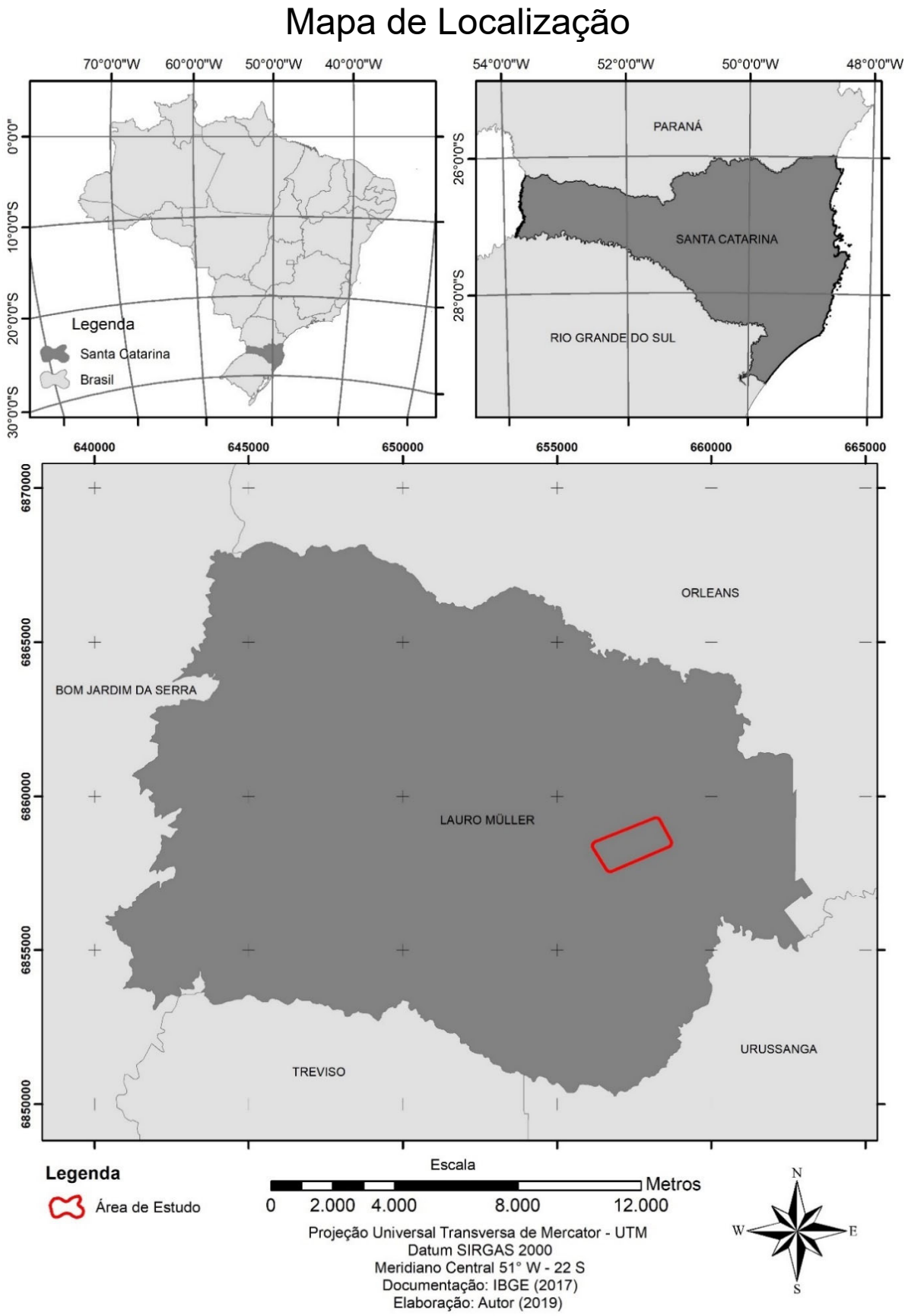
4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na área central do município de Lauro Muller-SC, compreende 246,92 ha, entre a localização de latitude 28º23’31,026” S, longitude 49º24’22,131” O e latitude 28º22’59,157” S, longitude 49º23”09,081” O (Figura 9).

A cidade de Lauro Muller localiza-se a uma latitude 28º23'34" S e a uma longitude 49º23'48" O, estando a uma altitude média de 220 metros, possuindo área total de 271,852 km², sendo 11 km² de área urbana (IBGE, 2018). A população do censo de 2010 era de 14.367 habitantes, sendo que para 2019 é estimada em 15.244 habitantes (IBGE, 2010).

O município representa cidades de pequeno porte, tendo a economia ligada à agricultura, mineração, indústria cerâmica, comércio de madeira e ao transporte rodoviário.

Figura 9 – Área de estudo



Fonte: Autor (2019)

4.2 MATERIAIS

Para realização do estudo foram utilizados materiais que podem ser divididos conforme sua natureza, sendo: hardwares, softwares e materiais de apoio.

O ortomosaico e os pontos de referência estão georreferenciados no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000, coordenadas estimadas no sistema de projeção UTM, fuso 22 Sul.

O Quadro 2 apresenta os itens utilizados. As Figuras 10 e 11 apresentam o RPA e o receptor GNSS RTK utilizado.

Quadro 2 – Materiais utilizados

Hardwares
GNSS RTK Trimble R6
Coletor de dados Trimble TSC3
Coletor de dados Trimble TSC2
Rádio externo Trimble TDL 450
RPA SenseFly eBee Classic
Notebook Acer Intel Core i5-8250U Quad-Core 1.60 GHz
Softwares
SenseFly eMotion 3
Pix4Dmapper 4.5.2
Esri ArcMap 10.3.0.4322
AutoDesk AutoCAD Civil 3D 2016
Google Earth Pro 7.3.2.5776
GeoPEC 3.5.2
Materiais de Apoio
Marco de concreto
Chapa de alumínio para marco
Cal
Bastão extensível 2,00m
Tripé universal de alumínio
Prancheta
Bateria automotiva 60 Ah

Fonte: Autor (2019)

Figura 10 – Receptor GNSS RTK Trimble R6

Fonte: Autor (2019)

Figura 11 – RPA SenseFly eBee Classic

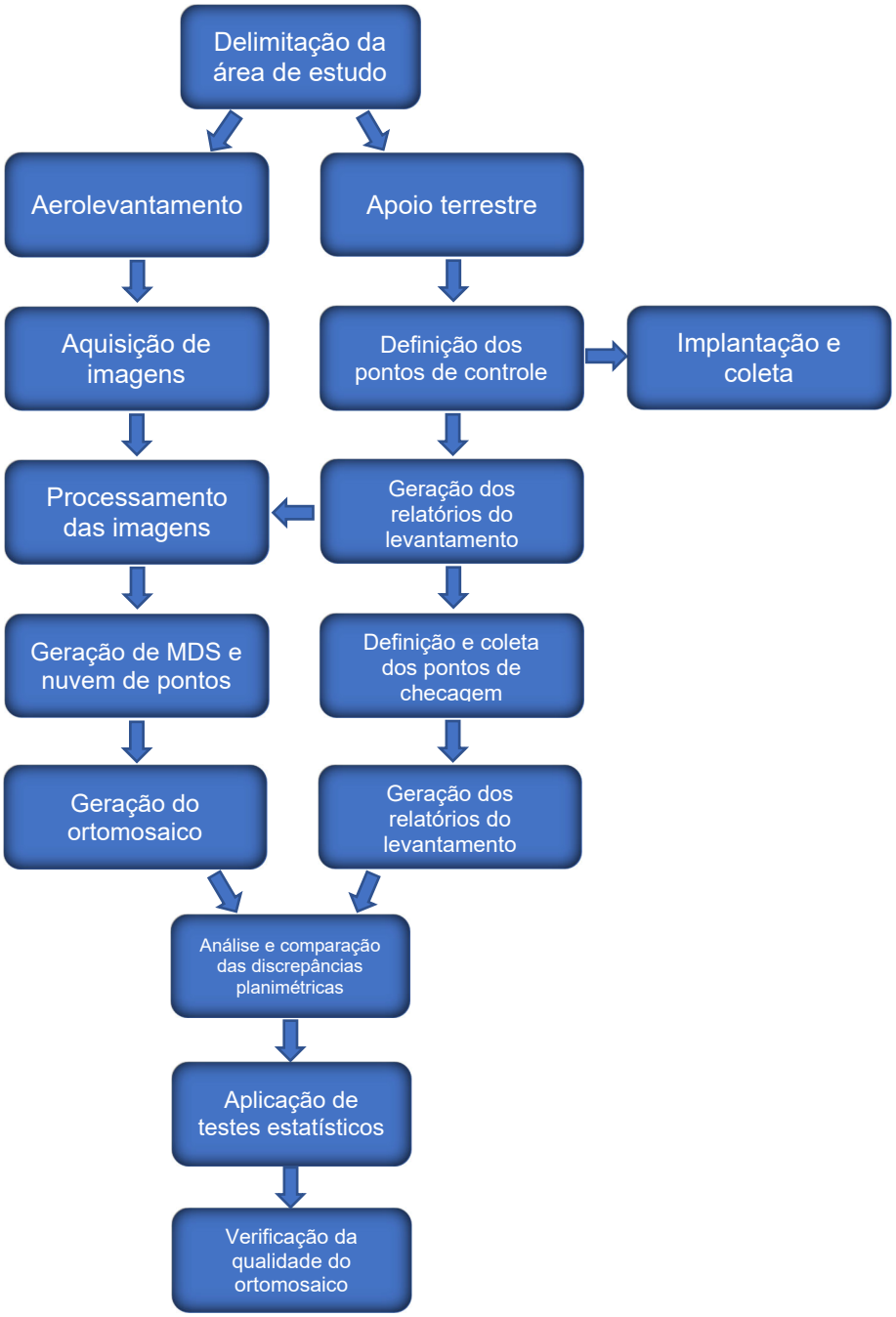
Fonte: SenseFly (s.d.)[3]

[3] Disponível em: < https://www.sensefly.com/drone/ebee-mapping-drone/>. Acesso em: 16 ago. 2019.

4.3 MÉTODOS

Para estabelecimento da metodologia de trabalho, foi desenvolvido um fluxograma com as etapas do processo, que abrangem o planejamento, obtenção de dados de campo, processamento e tratamento dos produtos.

Figura 12 – Fluxograma de trabalho



Fonte: Autor (2019).

4.3.1 Delimitação da área de estudo

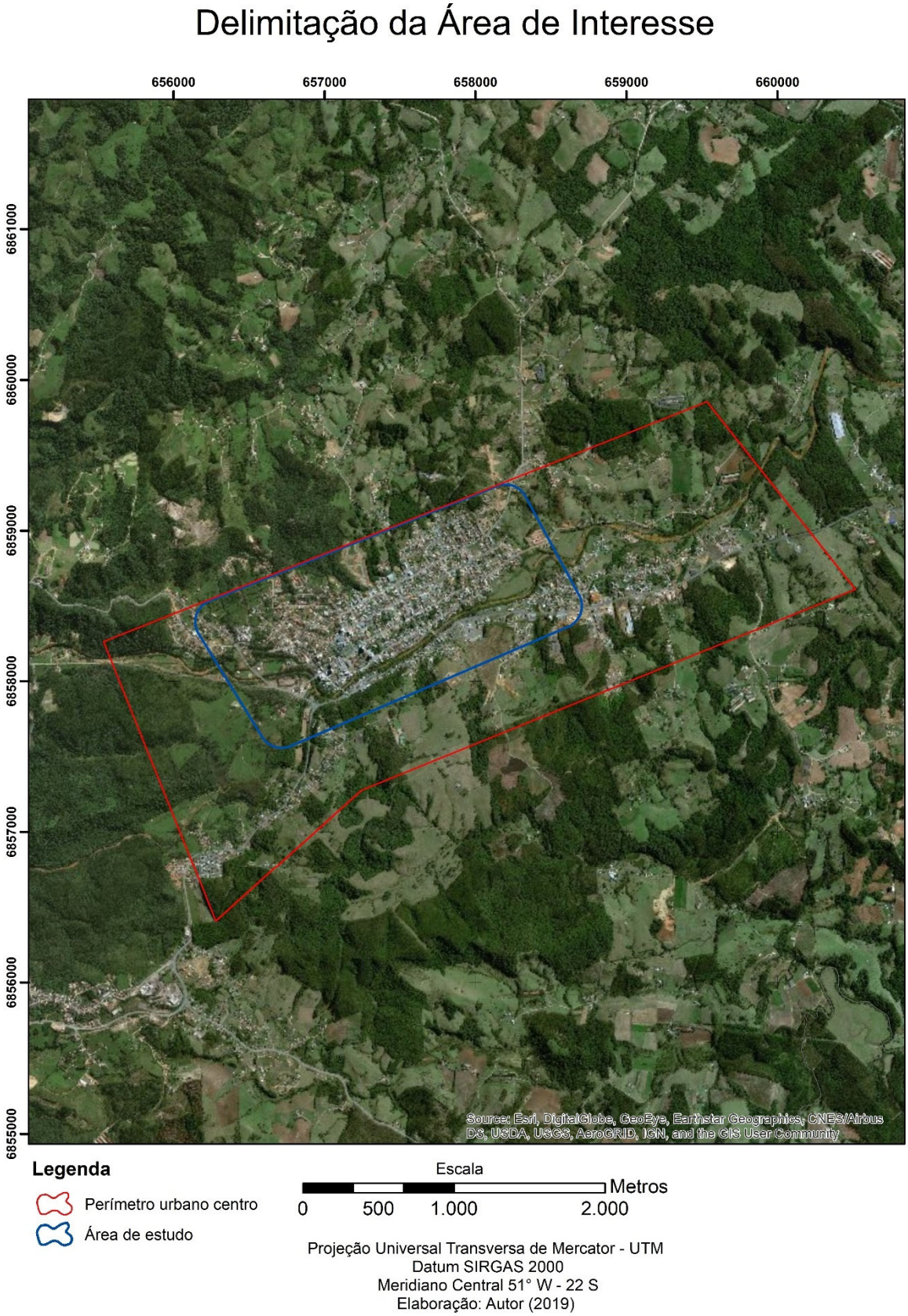
A área de estudo foi definida a partir do polígono em formato *kml* existente. Na delimitação da área de interesse, levando em consideração a ocorrência de grande número de classes, abrangendo malha viária, residências, vegetação, corpo d'água. Por ser a região central do município, onde se concentram as moradias e comércio, se tem maior dificuldade na obtenção das imagens bem como na sua ortorretificação.

A área escolhida teve o objetivo de verificar a qualidade do produto em regiões que normalmente sofrem distorções nos programas de ortorretificação de imagens. Como o trabalho visa classificar e validar o emprego do uso de imagens obtidas através de RPA no Cadastro Territorial Multifinalitário, foi definida uma região que contenha grande densidade de edificações.

A Figura 13 demonstra a área de interesse extraída do polígono da área central do município.

Após definição da área de interesse, foi dividido os procedimentos posteriores em duas classes: aerolevantamento e apoio terrestre.

Figura 13 – Área de estudo



Fonte: Autor (2019).

4.3.2 Apoio terrestre

4.3.2.1 Definição, implantação e coleta dos pontos de controle

Os pontos de controle foram distribuídos de forma que abrangessem toda a área de interesse e tivessem espaçamento uniforme. Em algumas regiões foi proposto maior densidade de pontos devido as diferenças de declividade, propiciando assim melhor amarração dos dados de referência para utilização no software de processamento de imagens.

Seguindo os critérios de distribuição propostos por DronEng (2017), deve-se seguir critérios importantes para disposição dos pontos de controle, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Critérios de distribuição

Posicionamento de pontos na extremidade da área mapeada
Pontos em locais com grandes variações de altitude do terreno
Em caso de voos múltiplos, distribuir pontos nas sobreposições entre os voos
Distribuição dos pontos de forma homogênea na área

Fonte: Adaptado de DronEng (2017).

A Figura 14 apresenta a distribuição dos pontos de controle.

Figura 14 – Distribuição dos pontos de controle

Fonte: Autor (2019).

De posse da planilha e do mapa impresso diretamente do programa Google Earth com a localização dos pontos de controle foi realizada a demarcação em campo. O receptor base com módulo de rádio externo foi instalado em um marco da Rede de Referência Municipal implantada pelo Iparque-Unesc, com a denominação LM-M01 (Anexo B). Utilizando cal como elemento de marcação dos pontos de controle, sendo estes em formato de “X”, foram demarcados 26 pontos. Em condições onde a localização escolhida no *software* Google Earth tinha algum tipo de interferência, se procurou implantar o ponto em regiões próximas, respeitando os critérios propostos por DronEng (2017).

Concomitante a demarcação dos pontos de controle se realizou a coleta dos dados de geolocalização, sendo o procedimento dividido em duas equipes. A medição das coordenadas foi realizada por meio de dois receptores GNSS RTK Trimble R6 Rover com coletores de dados Trimble TSC3 e TSC2, com método de posicionamento relativo estático em tempo real – RTK. As características dos receptores constam no Quadro 4, enquanto do coletor de dados TSC2 no Quadro 5 e do TSC3 no Quadro 6.

Quadro 4 – Características dos receptores (continua)

Receptor GNSS	
Especificações de Desempenho de Medições	
Número de canais	76
Sinais de satélite rastreados	GPS L1C/A, L1C, L2C, L2E GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P
Taxas de posicionamento	1 Hz, 2 Hz, 5 Hz e 10 Hz
Desempenho de Posicionamento	
GNSS diferencial por códigos	Horizontal: 0,25 m + 1 ppm Vertical: 0,50 m + 1 ppm
Estático de alta precisão	Horizontal: 3 mm + 0,1 ppm Vertical: 3,5 mm + 0,4 ppm
Estático e estático-rápido	Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm Vertical: 5 mm + 0,5 ppm

(conclusão)

GNSS cinemático pós-processado (PPK)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm Vertical: 15 mm + 1ppm
Desempenho de Posicionamento	
Cinemático em tempo real (linha de base única < 30 km)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm Vertical: 15 mm + 1 ppm
Rede RTK	Horizontal: 8 mm + 0,5 ppm Vertical: 15 mm + 0,5 ppm
Hardware	
Peso (com bateria)	1,52 kg
Proteção contra água/poeira	IP67 resistente a poeira, submersão de até 1 m
Dimensões	19 cm x 10,2 cm
Alimentação	Bateria recarregável de íons de lítio de 7,4 V e 2,6 Ah. Entrada externa de 11 a 28 V DC (Lemo 7 pinos)
Comunicação	Serial
Rádio modem	Receptor interno de 450 Mhz, potência de emissão de 0,5 W. Alcance de 3 a 5 km
Bluetooth	2,4 GHz integrado
Armazenamento de dados	Memória interna de 11 MB
Formatos de dados	CMR: CMR+, CMRx RTCM: RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1

Fonte: Catálogo Trimble (2014)[4].

[4] Disponível em: <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-350404/022543-259I-POR_TrimbleR6GNSS_DS_1014_LR.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.

Quadro 5 – Características do coletor de dados TSC2

Trimble TSC2	
Sistema operacional	Microsoft Windows Mobile 5.0
Dimensões	26,6 cm x 13,1 cm x 4,8 cm
Peso (com bateria)	0,95 kg
Memória	128 MB SDRAM, 512 MB interna
Processador	Intel PXA 270 XScale CPU 520 MHz
Alimentação	Bateria recarregável Li-Ion 6600 mAh
Proteção	IP6x para poeira, IPx7 para água
Tela	Colorida, TFT iluminado, 320 x 240 pixels
Comunicação	Serial, USB, Wi-Fi
Software de coleta de dados	Trimble Survey Controller

Fonte: Catálogos Trimble (2006)[5].

Quadro 6 – Características do coletor de dados TSC3 (continua)

Trimble TSC3	
Sistema operacional	Microsoft Windows Embedded Handheld 6.5
Dimensões	14,1 cm x 27,8 cm x 6,4 cm
Peso (com bateria)	1,04 kg
Memória	256 MB SDRAM, 5 GB SSD
Processador	Texas Instrument Sitara 3715 series ARM Cortex-A8 800 MHz
Alimentação	Bateria recarregável Li-Ion 2600 mAh

[5] Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1U6UT3AvOnCZD-AU43VU54uzfy01N_NsL/view>. Acesso em: 19 set. 2019.

(conclusão)

Proteção	IP6x para poeira, IPx7 para água
Tela	Colorida, TFT iluminado, 640 x 480 pixels
Comunicação	Serial, USB, Wi-Fi, GSM
Software de coleta de dados	Trimble Access

Fonte: Catálogos Trimble (2015)[6].

Figura 15 – Implantação dos pontos de controle

Fonte: Autor (2019).

[6] Disponível em: < https://geospatial.trimble.com/sites/default/files/2019-03/Datasheet%20-%20Trimble%20TSC3%20Controller%20-%20Portuguese%20-%20Screen.pdf >. Acesso em: 19 set. 2019.

Figura 16 – Coleta das coordenadas dos pontos de controle

Fonte: Autor (2019).

4.3.2.2 Geração dos relatórios do levantamento

Como o receptor base foi instalado em um marco da Rede de Referência Municipal, não houve necessidade de ajustamento do levantamento, devido ao uso da coordenada já ajustada do ponto base. Com isso, através dos *softwares* Trimble Survey Controller e Trimble Access foram gerados os relatórios do levantamento em formato txt, obtendo as coordenadas de todos os pontos de controle implantados em campo, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Coordenadas dos pontos de controle

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)	Altitude Elipsoidal (m)
LM-M01	Base	657882,207	6858368,526	198,302
CP_01	Ponto de controle	656689,879	6857609,307	235,520
CP_02	Ponto de controle	656364,613	6857949,524	224,634
CP_03	Ponto de controle	656159,228	6858465,993	241,560
CP_04	Ponto de controle	656572,517	6858687,085	264,441
CP_05	Ponto de controle	657221,235	6858854,388	249,688
CP_07	Ponto de controle	658226,340	6859267,503	243,088
CP_09	Ponto de controle	658636,990	6858396,915	218,007
CP_10	Ponto de controle	657948,746	6858178,975	215,828
CP_11	Ponto de controle	657558,022	6857913,022	258,385
CP_12	Ponto de controle	656978,442	6857744,806	229,300
CP_13	Ponto de controle	656891,049	6858505,373	231,426
CP_14	Ponto de controle	656995,668	6858562,245	241,019
CP_15	Ponto de controle	657797,839	6859032,107	218,970
CP_16	Ponto de controle	658126,254	6859040,044	237,570
CP_17	Ponto de controle	658377,608	6858896,879	200,220
CP_18	Ponto de controle	657920,632	6858760,206	211,337
CP_20	Ponto de controle	656845,158	6858131,532	217,785
CP_21	Ponto de controle	656657,271	6857740,179	237,808
CP_24	Ponto de controle	658222,216	6858617,471	192,658
CP_25	Ponto de controle	658236,081	6859269,089	243,169
CP_M02	Ponto de controle	656437,619	6858226,824	232,823
CP_M02A	Ponto de controle	656296,025	6858237,418	234,350
LM-M01A	Ponto de controle	657991,928	6858422,778	196,246
LM-M01B	Ponto de controle	658101,472	6858436,429	196,051
LM-M11	Ponto de controle	657733,576	6858655,499	209,822
LM-M11A	Ponto de controle	657436,814	6858502,449	217,182

Fonte: Autor (2019).

Os pontos CP_06, CP_08, CP_19, CP_22 e CP_23 não foram implantados devido a dificuldades enfrentadas ou por ficarem muito próximos a outros pontos de

controle. A lista de coordenadas serve também para uso no alinhamento das imagens no software de processamento de imagens e geração de ortoimagens.

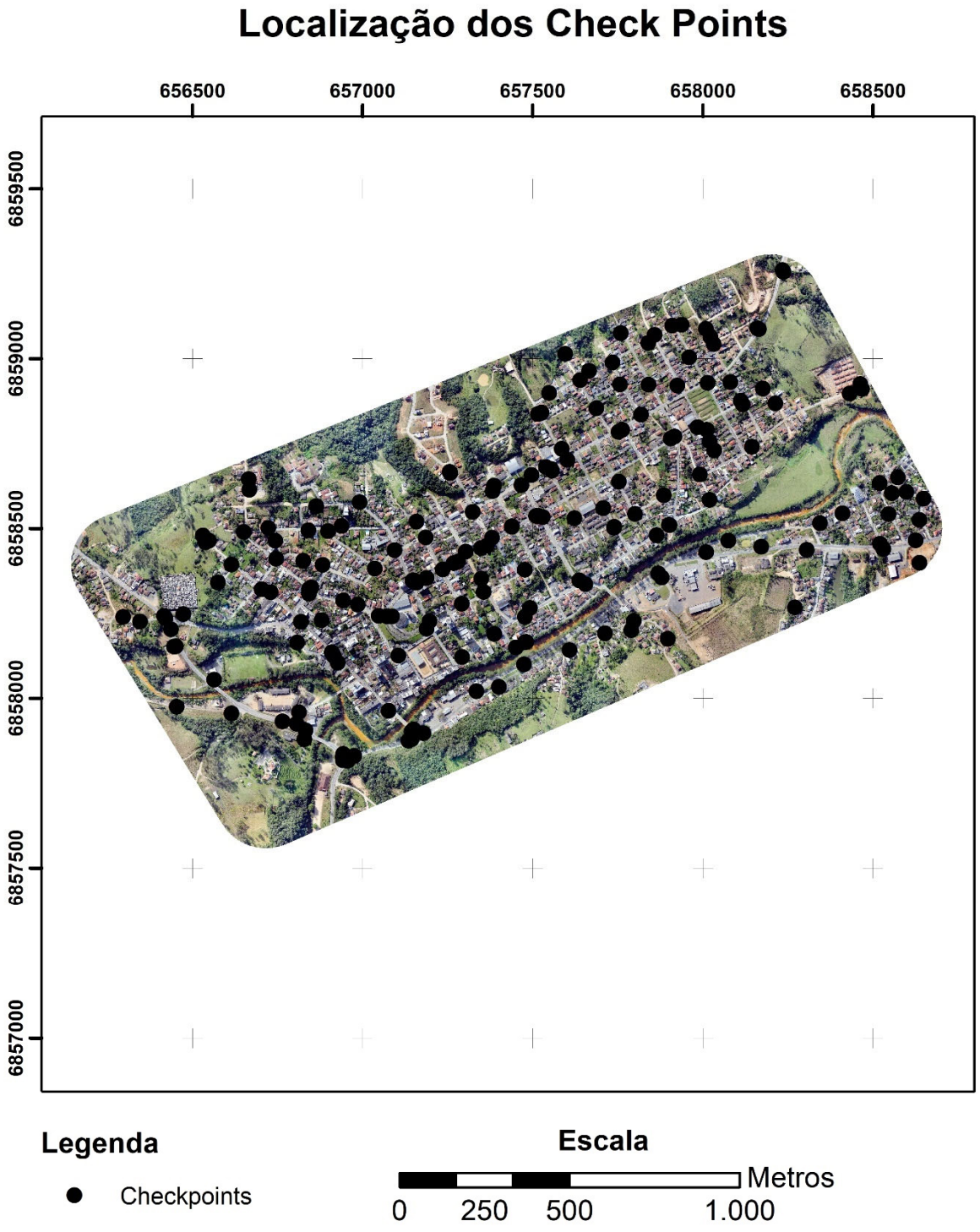
4.3.2.3 Definição, coleta e geração de relatório dos pontos de checagem

Distribuídos por toda a área imageada, tem como papel fundamental auxiliar na verificação da qualidade do ortomosaico, através da comparação entre a coordenada obtida com a referência, no caso o GNSS RTK, com aquela extraída do ortomosaico. Os pontos de checagem não devem ser usados para ortorretificação de imagens, somente para verificação da acurácia posicional do produto gerado.

Para atendimento à norma mais restritiva quanto ao número de pontos de checagem, a STANAG 2215, que exige um mínimo de 167 pontos, foram definidos e coletados 195 pontos na área de interesse. O número de pontos coletados em excesso se deu para garantir a identificação do número mínimo, pois possíveis interferências poderiam prejudicar o processo.

Escolheu-se a coleta de bocas de lobo, cantos de quadra e muros, faixas de pedestre, poços de visita. Através do *software* Trimble Access foi realizada geração do relatório de pontos para utilização na checagem. O Apêndice A apresenta os *Checkpoints* levantados.

Figura 17 – Distribuição dos *Checkpoints*



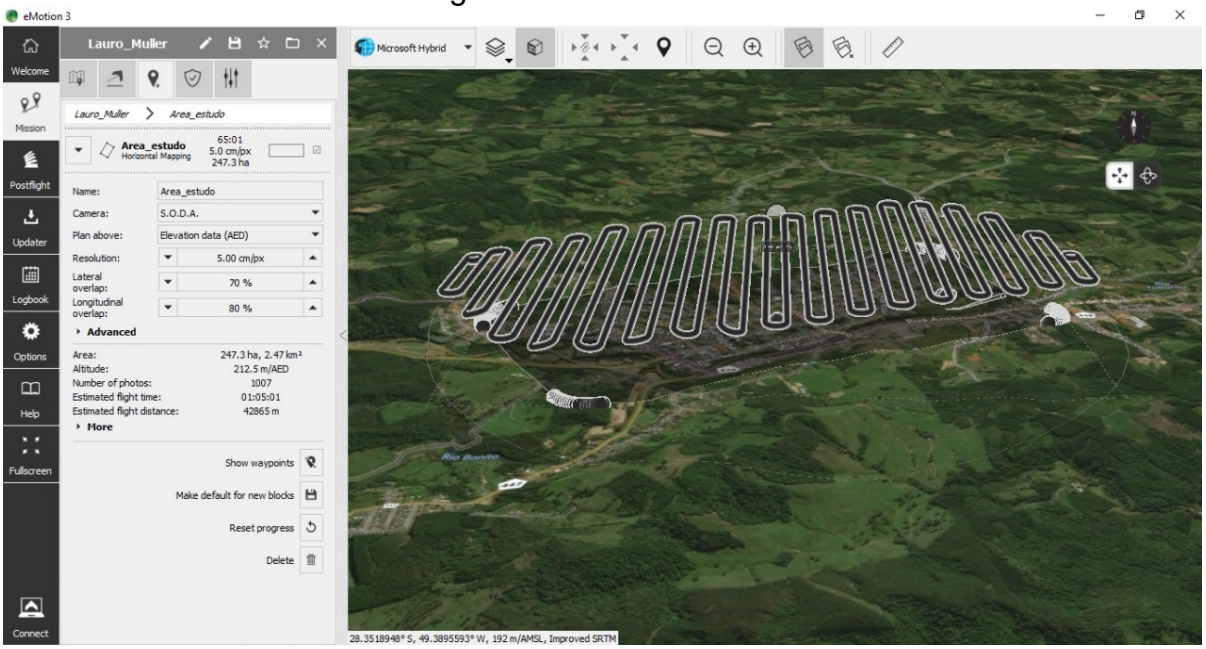
Fonte: Autor (2019).

4.3.3 Aerolevantamento

4.3.3.1 Aquisição de imagens

Para a aquisição das imagens foi realizado o planejamento de voo no *software* SenseFly eMotion 3. Através da inserção dos dados de GSD, recobrimento lateral e longitudinal o *software* calcula automaticamente a altitude e tempo estimado de voo, número de fotos, distância entre as linhas de voo, distância entre as fotos e área de abrangência. Os recobrimentos lateral e longitudinal foram de 70% e 80%, respectivamente. A Figura 18 ilustra o plano de voo programado.

Figura 18 – Plano de voo

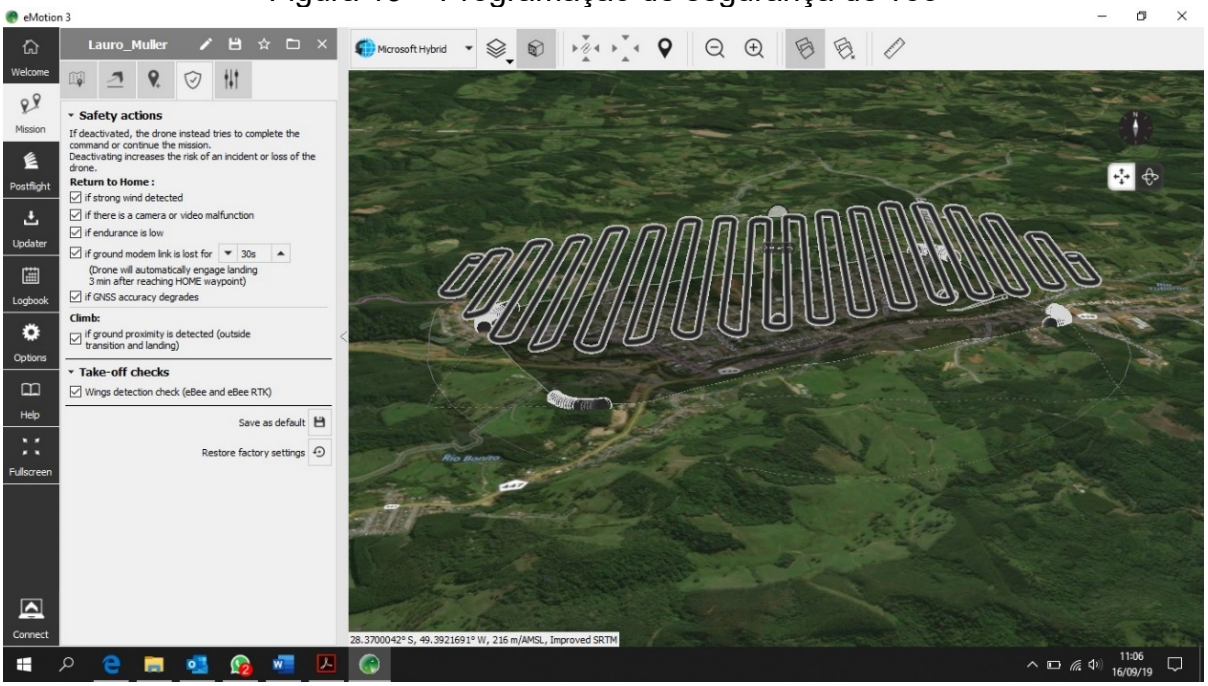


Fonte: Autor (2019).

Demais parâmetros de segurança também são configurados. Na aba *Briefing* se ajusta o raio e altitude máximas de voo do equipamento. Na aba *Safety parameters* se habilita funções como retorno para o local de lançamento caso seja detectado alta velocidade do vento (acima de 12 m/s), mal funcionamento da câmera para fotos ou vídeos, nível baixo de bateria, perda de conexão com o rádio por determinado tempo, baixa acurácia do receptor GNSS embarcado. Como é utilizado modelo 3D do terreno, durante o planejamento do voo o *software* informa se há possibilidade de colisão da aeronave com obstáculos. Outro parâmetro importante é o estabelecimento de dois locais de pouso da aeronave com sentidos opostos, para

que não ocorra problemas de vento de calda, o que prejudica o procedimento de pouso, sendo a escolha do local realizada manualmente no *software* verificando os dados de velocidade e direção do vento enviados pelo RPA. A Figura 19 demonstra a aba para configurações de segurança.

Figura 19 – Programação de segurança de voo



Fonte: Autor (2019).

A aeronave utilizada foi o RPA SenseFly eBee Classic, registrado na plataforma SISANT da ANAC conforme Anexo A. O voo foi realizado no dia 09 de agosto de 2019, em horário compreendido entre 13 e 15 horas. As características técnicas do equipamento estão listadas no Quadro 7.

Segundo ANAC (2017), “as RPA estão divididas em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem, no qual devem ser considerados os pesos do equipamento, da bateria ou combustível, e da carga eventualmente transportada.” A aeronave utilizada se enquadra na Classe 3, com peso de decolagem entre 250g e 25kg.

Quadro 7 – Características do RPA SenseFly eBee Classic (continua)

Hardware	
Envergadura	96 cm
Peso	0,69 kg

(conclusão)

Alcance de link de rádio	3 km
Motor	Elétrico, sem escova
Câmera	senseFly S.O.D.A.
Software	
Planejamento e controle de voo	eMotion 3
Planejamento automático de voo em 3D	Sim
Operação	
Velocidade de cruzeiro	40-90 km/h
Resistência ao vento	45 km/h
Tempo máximo de voo	50 minutos
Cobertura máxima em único voo	12 km²
Aterrisagem automática	Linear com precisão de 5 m
Operação com vários drones	Sim
Imagem oblíqua	0 a -50º
Resultados	
Distância de amostragem do solo (GSD)	Até 1,5 cm/pixel
Precisão absoluta horizontal/vertical (com GCP)	Até 3 cm
Precisão absoluta horizontal/vertical (sem GCP)	1 a 5 m

Fonte: Catálogo SenseFly (2017)[7].

Quadro 8 – Características da câmera SenseFly S.O.D.A.

Hardware	
Resolução	20 MP
Resolução do solo a 122 m	2,9 cm/pixel
Tamanho do sensor	1 polegada / 2,54 cm
Densidade de pixels	2,33 µm
Formato da imagem	JPEG ou JPEG + DNG

Fonte: Catálogo SenseFly (2017)[7]

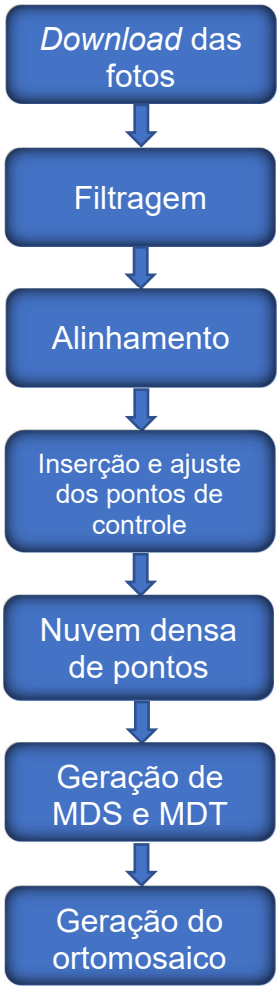
[7] Disponível em: < https://www.sensefly.com/app/uploads/2017/10/eBee-PT.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2019.

4.3.3.2 Processamento de imagens

As imagens obtidas através do RPA foram ortorretificadas utilizando o *software* Pix4Dmapper 4.5.2. Segundo Moutinho (2015), o *software* desenvolvido pela Pix4D tem como intuito ser utilizado especificamente com imagens de RPA, para realização de modelagem 3D de estruturas e coleta de informações geográficas.

O *software* de gerenciamento das aeronaves desenvolvidos pela SenseFly já vem embarcados com o pacote Postflight Terra 3D, onde após a realização do voo é inserido o arquivo *log* de voo para georreferenciar as fotos, fazendo o cruzamento das informações no momento do disparo da câmera com o posicionamento do veículo no instante da coleta da foto. Embora com intervenção limitada, os parâmetros de processamento são definidos através de modelos contidos no *software* Pix4Dmapper. Dentre os procedimentos, o usuário pode realizar edição da nuvem de pontos, delimitação da área do mosaico, inserção dos pontos de controle (COSTA et. al., 2015).

Figura 20 – Fluxograma de processamento das imagens



Fonte: Autor (2019).

4.3.3.2.1 Download das fotos

Através do cartão SD retirado da câmera da aeronave, foi realizada a cópia das fotos para o diretório criado no disco do notebook. Importante ressaltar que o recorte das imagens do cartão SD não é aconselhado, visto que em caso de perda de informações não há mais unidade de *backup*.

4.3.3.2.2 Filtragem

Ao carregar as fotos no *software* Pix4Dmapper, se realiza uma filtragem manual da qualidade apresentada, levando em consideração a ocorrência de ruídos, buracos, distorções. Caso alguma linha de voo fique prejudicada, deve-se retornar a área e realizar o voo na região que apresentou problemas.

4.3.3.2.3 1º Alinhamento

Após conferência da qualidade das fotos, foi realizado o primeiro alinhamento, a fim de realizar a orientação através da identificação de pontos homólogos, calibração das imagens, como também criação da nuvem esparsa de pontos. Nesta etapa, optou-se pela utilização do método rápido, com baixa precisão, apenas para facilitar o ajustamento dos pontos de controle em cada fotografia.

4.3.3.2.4 Inserção e ajuste dos pontos de controle

Os pontos de controle levantados em campo e inseridos no *software* servem para realizar a correção posicional do ortomosaico, visto que o GNSS embarcado na aeronave possui baixa precisão. Se realiza a identificação do ponto de controle, posicionando o mais no centro possível da marcação em formato de “X”. Parâmetros de qualidade, como desvio-padrão e erro do pixel são mostrados, ficando a cargo do profissional realizar o ajustamento com precisão.

4.3.3.2.5 2º Alinhamento

Posterior a inserção e ajuste dos pontos de controle se realiza um segundo alinhamento das fotos, utilizando modo de processamento em nível máximo, garantindo qualidade aos produtos sequenciais. Com o término desse procedimento, o *software* gera automaticamente o relatório do processamento, importante para sabermos a qualidade no alinhamento. O Anexo C apresenta o relatório gerado.

4.3.3.2.6 Nuvem densa de pontos

Através do alinhamento e da nuvem esparsa de pontos é gerada a nuvem densa de pontos, que reduz os espaços vazios. As técnicas utilizadas pelo *software* Pix4Dmapper é a de Ajuste de Feixes em Bloco (*Bundle Block Adjustment*) e Triangulação Aérea (*Automatic Aerial Triangulation*), que associam os pixels com as imagens originais, possuindo coordenadas geográficas associadas (PIX4D, 2016).

4.3.3.2.7 Geração de MDS e MDT

O Modelo Digital de Superfície (MDS) combinado com a nuvem densa de pontos fornece o ortomosaico, produto final do processamento. “O MDS é uma representação digital da superfície que permite uma rápida e útil análise topográfica de uma área de interesse, tal como entender variáveis ligadas à altitude” (JÚNIOR et al., 2012, p. 416).

Através da classificação das classes do MDS é gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT). Segundo Felgueiras (2001):

> Os modelos digitais de terreno representam a variabilidade de um atributo, ou fenômeno geográfico, que ocorre dentro de uma região geográfica de interesse. Um sistema de modelagem digital de terreno compreende: a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno a ser estudado; a criação do modelo digital propriamente dito e; a definição de uma série de processamentos de análises sobre os modelos com a finalidade de se extrair informações úteis à uma aplicação de geoprocessamento. O modelo propriamente dito é formado por estruturas de dados convenientes para processamentos digitais eficientes, e pela definição de funções de ajustes. Estas determinam o comportamento da variável dentro dos elementos básicos do modelo (FELGUEIRAS, 2001, p. 2).

Dentre as análises destaca-se: geração de imagens em níveis de cinza, imagens temáticas, cálculo de volumes de corte e aterro, análises de perfis, mapas de declividade, drenagem, curvas de nível e visibilidade (FELGUEIRAS, 2001).

Vale ressaltar que o Modelo Digital do Terreno não foi gerado neste trabalho, pois o objetivo abrange somente a análise planimétrica do ortomosaico.

4.3.3.2.8 Geração do ortomosaico

Com o Modelo Digital de Elevação foi gerado o ortomosaico. A resolução espacial da imagem foi analisada através do GSD (*Ground Sample Distance*), tendo o valor de 5,62 cm, conforme relatório do Pix4Dmapper. Os dados de referência foram obtidos através de levantamento topográfico com uso de GNSS RTK, apoiados na Rede de Referência Cadastral implantada no município pelo Iparque-Unesc.

4.3.4 Análise e comparação das discrepâncias planimétricas

Através dos *checkpoints* foi realizada comparação das coordenadas dos pontos levantados com GNSS RTK com as obtidas no ortomosaico. A Tabela 10 apresenta as discrepâncias encontradas.

Tabela 10 – Comparativo das coordenadas obtidas com GNSS RTK com o ortomosaico (continua)

	GNSS RTK		Ortomosaico		Discrepâncias	
Ponto	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
01	656943,959	6857835,804	656943,969	6857835,811	-0,010	-0,007
02	656942,995	6857816,962	656942,797	6857817,026	0,198	-0,064
03	656976,172	6857829,809	656976,125	6857829,820	0,047	-0,011
04	656437,907	6858202,551	656437,890	6858202,558	0,017	-0,007
05	656421,377	6858234,939	656421,374	6858234,911	0,003	0,028
06	656819,431	6858224,504	656819,375	6858224,524	0,056	-0,020
07	656913,705	6858130,156	656913,696	6858130,149	0,009	0,007
08	656843,788	6858307,967	656843,775	6858307,961	0,013	0,006
09	656843,113	6858321,513	656843,084	6858321,496	0,029	0,017
10	656850,533	6858326,056	656850,514	6858326,075	0,019	-0,019

(continua)

	GNSS RTK		Ortomosaico		Discrepâncias	
Ponto	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
11	657048,313	6858242,482	657047,979	6858242,230	0,334	0,252
12	657073,343	6858240,349	657073,341	6858240,361	0,002	-0,012
13	657105,640	6858125,141	657105,639	6858125,155	0,001	-0,014
14	657189,319	6858204,086	657189,318	6858204,095	0,001	-0,009
15	657293,000	6858120,884	657293,026	6858120,889	-0,026	-0,005
16	657388,256	6858189,478	657388,258	6858189,485	-0,002	-0,007
17	657155,567	6858340,275	657155,568	6858340,257	-0,001	0,018
18	657147,243	6858345,477	657147,252	6858345,431	-0,009	0,046
19	657511,026	6858536,095	657511,019	6858536,096	0,007	-0,001
20	657530,605	6858532,617	657530,622	6858532,614	-0,017	0,003
21	657467,859	6858627,165	657467,836	6858627,163	0,023	0,002
22	657439,853	6858506,031	657439,851	6858506,045	0,002	-0,014
23	657179,432	6857896,415	657179,338	6857896,381	0,094	0,034
24	657135,271	6857874,666	657135,235	6857874,654	0,036	0,012
25	657870,184	6858366,710	657870,160	6858366,694	0,024	0,016
26	657880,449	6858355,336	657880,457	6858355,330	-0,008	0,006
27	657335,654	6858020,548	657335,642	6858020,561	0,012	-0,013
28	657609,323	6858141,581	657609,311	6858141,570	0,012	0,011
29	657475,383	6858099,683	657475,372	6858099,671	0,011	0,012
30	657637,902	6858346,913	657637,906	6858346,915	-0,004	-0,002
31	657655,607	6858335,975	657655,603	6858335,961	0,004	0,014
32	657740,328	6858504,069	657740,305	6858504,041	0,023	0,028
33	657903,314	6858509,578	657903,309	6858509,637	0,005	-0,059
34	658021,142	6858583,787	658021,153	6858583,784	-0,011	0,003
35	657991,863	6858658,109	657991,875	6858658,101	-0,012	0,008
36	657918,020	6858769,909	657918,024	6858769,892	-0,004	0,017
37	657985,675	6858797,754	657985,678	6858797,745	-0,003	0,009
38	658432,705	6858896,422	658432,686	6858896,436	0,019	-0,014
39	658469,060	6858910,367	658469,043	6858910,350	0,017	0,017
40	658235,351	6859259,693	658235,376	6859259,676	-0,025	0,017
41	657910,581	6859096,396	657910,570	6859096,424	0,011	-0,028
42	657939,122	6859099,186	657939,133	6859099,197	-0,011	-0,011
43	657759,863	6859074,697	657759,852	6859074,706	0,011	-0,009
44	657840,681	6859045,505	657840,696	6859045,505	-0,015	0,000
45	657858,836	6859068,956	657858,872	6859068,994	-0,036	-0,038
46	657926,464	6858920,361	657926,451	6858920,354	0,013	0,007
47	657819,546	6858834,247	657819,542	6858834,239	0,004	0,008
48	657757,828	6858923,992	657757,616	6858923,788	0,212	0,204
49	657735,615	6858988,050	657735,619	6858988,054	-0,004	-0,004
50	657666,911	6858963,243	657666,897	6858963,224	0,014	0,019
51	657596,459	6859013,799	657596,457	6859013,803	0,002	-0,004
52	657549,393	6858898,247	657549,386	6858898,239	0,007	0,008
53	657524,114	6858838,691	657524,111	6858838,688	0,003	0,003

(continua)

	GNSS RTK		Ortomosaico		Discrepâncias	
Ponto	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
54	657585,964	6858734,121	657585,967	6858734,121	-0,003	0,000
55	657602,643	6858701,288	657602,632	6858701,290	0,011	-0,002
56	657557,420	6858669,504	657557,414	6858669,497	0,006	0,007
57	657540,161	6858680,628	657540,149	6858680,633	0,012	-0,005
58	657324,278	6858547,917	657324,253	6858547,935	0,025	-0,018
59	656992,085	6858577,196	656992,079	6858577,184	0,006	0,012
60	656667,846	6858613,532	656667,774	6858613,536	0,072	-0,004
61	656666,606	6858644,812	656666,614	6858644,784	-0,008	0,028
62	656615,590	6858393,499	656615,553	6858393,481	0,037	0,018
63	656539,160	6858458,641	656539,174	6858458,632	-0,014	0,009
64	656531,664	6858478,880	656531,638	6858478,923	0,026	-0,043
65	656575,650	6858340,562	656575,603	6858340,551	0,047	0,011
66	656704,056	6858320,502	656704,013	6858320,450	0,043	0,052
67	656746,794	6858410,033	656746,746	6858410,024	0,048	0,009
68	656743,879	6858463,722	656743,863	6858463,742	0,016	-0,020
69	656724,097	6858500,812	656724,101	6858500,881	-0,004	-0,069
70	656841,362	6858494,423	656841,360	6858494,417	0,002	0,006
71	656899,158	6858491,913	656899,110	6858491,933	0,048	-0,020
72	656939,244	6858506,700	656939,247	6858506,683	-0,003	0,017
73	657036,483	6858381,491	657036,477	6858381,506	0,006	-0,015
74	656882,984	6858392,477	656883,000	6858392,578	-0,016	-0,101
75	656826,237	6858404,558	656826,234	6858404,573	0,003	-0,015
76	656986,337	6858275,304	656986,313	6858275,270	0,024	0,034
77	656806,782	6857925,036	656806,770	6857925,073	0,012	-0,037
78	656615,308	6857955,483	656615,268	6857955,455	0,040	0,028
79	656454,124	6857974,531	656454,138	6857974,562	-0,014	-0,031
80	656346,514	6858225,329	656346,514	6858225,461	0,000	-0,132
81	656474,239	6858247,295	656474,230	6858247,334	0,009	-0,039
82	657713,653	6858190,560	657713,651	6858190,566	0,002	-0,006
83	657790,617	6858199,944	657790,632	6858199,920	-0,015	0,024
84	658271,969	6858267,191	658271,977	6858267,120	-0,008	0,071
85	658306,514	6858436,619	658306,500	6858436,619	0,014	0,000
86	658010,485	6858429,318	658010,525	6858429,315	-0,040	0,003
87	658075,826	6858463,356	658075,843	6858463,331	-0,017	0,025
88	658531,619	6858438,884	658531,574	6858438,864	0,045	0,020
89	658521,256	6858454,096	658521,293	6858454,119	-0,037	-0,023
90	658637,917	6858398,496	658637,891	6858398,471	0,026	0,025
91	658626,952	6858464,424	658626,984	6858464,350	-0,032	0,074
92	658638,139	6858524,177	658638,148	6858524,136	-0,009	0,041
93	658649,805	6858586,930	658649,688	6858586,917	0,117	0,013
94	658599,887	6858606,701	658599,883	6858606,703	0,004	-0,002
95	658547,305	6858541,822	658547,257	6858541,816	0,048	0,006
96	658556,764	6858603,469	658556,735	6858603,474	0,029	-0,005

(continua)

	GNSS RTK		Ortomosaico		Discrepâncias	
Ponto	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
97	658573,905	6858649,552	658573,865	6858649,468	0,040	0,084
98	658521,002	6858632,905	658521,025	6858632,938	-0,023	-0,033
99	658345,326	6858515,179	658345,259	6858515,131	0,067	0,048
100	658411,236	6858544,084	658411,170	6858544,065	0,066	0,019
101	658172,846	6858445,758	658172,853	6858445,755	-0,007	0,003
102	657898,472	6858174,749	657898,480	6858174,753	-0,008	-0,004
103	657865,076	6858479,486	657865,053	6858479,476	0,023	0,010
104	657754,094	6858637,370	657754,200	6858637,377	-0,106	-0,007
105	657753,631	6858783,979	657753,664	6858783,951	-0,033	0,028
106	657623,548	6858529,242	657623,432	6858529,233	0,116	0,009
107	657493,449	6858264,971	657493,437	6858264,963	0,012	0,008
108	657356,871	6858312,585	657356,915	6858312,607	-0,044	-0,022
109	657186,337	6858472,520	657186,343	6858472,515	-0,006	0,005
110	657095,193	6858436,032	657095,154	6858436,055	0,039	-0,023
111	657159,118	6858519,061	657159,125	6858519,090	-0,007	-0,029
112	657304,579	6858431,373	657304,589	6858431,386	-0,010	-0,013
113	656829,963	6857879,282	656830,002	6857879,282	-0,039	0,000
114	656765,162	6857931,695	656765,079	6857931,827	0,083	-0,132
115	656447,297	6858152,160	656447,312	6858152,176	-0,015	-0,016
116	656296,969	6858238,967	656296,926	6858239,120	0,043	-0,153
117	656808,996	6858164,029	656808,971	6858164,029	0,025	0,000
118	658214,288	6858867,622	658214,289	6858867,614	-0,001	0,008
119	658112,403	6858875,293	658112,376	6858875,304	0,027	-0,011
120	658177,549	6858910,599	658177,529	6858910,609	0,020	-0,010
121	658082,345	6858929,960	658082,352	6858929,949	-0,007	0,011
122	658014,975	6858927,723	658014,976	6858927,711	-0,001	0,012
123	658032,990	6859042,185	658033,002	6859042,178	-0,012	0,007
124	658145,511	6858739,820	658145,517	6858739,811	-0,006	0,009
125	658034,686	6858730,014	658034,690	6858730,000	-0,004	0,014
126	658012,412	6858789,368	658012,370	6858789,418	0,042	-0,050
127	658020,682	6858755,893	658020,623	6858755,891	0,059	0,002
128	657387,013	6858625,533	657387,016	6858625,524	-0,003	0,009
129	657383,407	6858609,309	657383,369	6858609,323	0,038	-0,014
130	657256,826	6858665,636	657256,811	6858665,643	0,015	-0,007
131	657477,762	6858378,335	657477,719	6858378,251	0,043	0,084
132	657841,547	6858922,422	657841,535	6858922,393	0,012	0,029
133	657708,520	6858559,039	657708,567	6858559,077	-0,047	-0,038
134	656928,483	6858104,706	656928,454	6858104,709	0,029	-0,003
135	656880,248	6858229,650	656880,228	6858229,632	0,020	0,018
136	656652,001	6858489,318	656651,999	6858489,348	0,002	-0,030
137	656813,765	6857958,679	656813,748	6857958,669	0,017	0,010
138	656564,946	6858054,236	656564,938	6858054,298	0,008	-0,062
139	658161,227	6859088,943	658161,241	6859088,920	-0,014	0,023

(continua)

	GNSS RTK		Ortomosaico		Discrepâncias	
Ponto	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
140	658009,556	6859087,336	658009,550	6859087,328	0,006	0,008
141	657961,088	6859003,568	657961,108	6859003,542	-0,020	0,026
142	657687,908	6858852,942	657688,081	6858853,031	-0,173	-0,089
143	657640,719	6858936,212	657640,727	6858936,214	-0,008	-0,002
144	657886,030	6858597,625	657886,064	6858597,605	-0,034	0,020
145	657801,395	6858542,206	657801,357	6858542,163	0,038	0,043
146	657477,865	6858239,252	657477,859	6858239,250	0,006	0,002
147	657477,665	6858164,251	657477,659	6858164,251	0,006	0,000
148	657401,524	6858033,336	657401,500	6858033,365	0,024	-0,029
149	657292,410	6858277,657	657292,461	6858277,846	-0,051	-0,189
150	657236,894	6858379,071	657236,900	6858379,059	-0,006	0,012
151	657269,009	6858397,436	657269,001	6858397,427	0,008	0,009
152	657439,903	6858503,814	657439,885	6858503,804	0,018	0,010
153	656956,869	6857815,722	656956,881	6857815,727	-0,012	-0,005
154	656942,832	6857826,431	656942,803	6857826,444	0,029	-0,013
155	656452,165	6858152,629	656452,197	6858152,627	-0,032	0,002
156	656417,170	6858242,781	656417,159	6858242,838	0,011	-0,057
157	657145,006	6857879,053	657145,014	6857879,076	-0,008	-0,023
158	657151,117	6857908,081	657151,135	6857908,063	-0,018	0,018
159	657144,600	6857901,592	657144,567	6857901,603	0,033	-0,011
160	657077,146	6857962,772	657077,159	6857962,821	-0,013	-0,049
161	656909,913	6858135,017	656909,901	6858135,010	0,012	0,007
162	656917,186	6858123,022	656917,137	6858123,019	0,049	0,003
163	656549,408	6858463,162	656549,406	6858463,150	0,002	0,012
164	656730,727	6858311,619	656730,733	6858311,610	-0,006	0,009
165	656944,055	6858287,501	656944,039	6858287,488	0,016	0,013
166	656864,494	6858565,097	656864,480	6858565,146	0,014	-0,049
167	657153,557	6858345,839	657153,554	6858345,831	0,003	0,008
168	657159,206	6858339,934	657159,226	6858339,949	-0,020	-0,015
169	657188,970	6858353,333	657188,948	6858353,325	0,022	0,008
170	657258,404	6858662,549	657258,407	6858662,560	-0,003	-0,011
171	657497,398	6858656,376	657497,385	6858656,368	0,013	0,008
172	657554,675	6858674,640	657554,667	6858674,655	0,008	-0,015
173	657527,411	6858840,505	657527,410	6858840,494	0,001	0,011
174	657516,037	6858836,250	657516,019	6858836,265	0,018	-0,015
175	658023,355	6859062,902	658023,342	6859062,964	0,013	-0,062
176	658166,183	6859086,344	658166,185	6859086,334	-0,002	0,010
177	658238,048	6859255,119	658237,988	6859255,170	0,060	-0,051
178	658463,875	6858924,622	658463,864	6858924,615	0,011	0,007
179	658118,190	6858864,242	658118,214	6858864,239	-0,024	0,003
180	657906,950	6858764,027	657906,955	6858764,029	-0,005	-0,002
181	657901,773	6858510,068	657901,788	6858510,087	-0,015	-0,019
182	657482,061	6858165,352	657482,068	6858165,346	-0,007	0,006

(conclusão)

	GNSS RTK		Ortomosaico		Discrepâncias	
Ponto	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
183	657197,695	6858226,629	657197,692	6858226,616	0,003	0,013
184	657087,629	6858240,629	657087,610	6858240,641	0,019	-0,012
185	657281,506	6858401,607	657281,511	6858401,573	-0,005	0,034
186	657348,966	6858441,276	657348,968	6858441,280	-0,002	-0,004
187	657366,491	6858448,214	657366,492	6858448,244	-0,001	-0,030
188	657381,457	6858471,693	657381,434	6858471,723	0,023	-0,030
189	657518,221	6858536,693	657518,203	6858536,775	0,018	-0,082
190	657739,986	6858501,556	657740,015	6858501,503	-0,029	0,053
191	656833,263	6857905,589	656833,266	6857905,531	-0,003	0,058
192	657349,627	6858351,932	657349,645	6858351,912	-0,018	0,020
193	657764,612	6858789,970	657764,587	6858789,958	0,025	0,012
194	657798,074	6858227,547	657798,048	6858227,553	0,026	-0,006
195	657451,503	6858149,091	657451,477	6858149,078	0,026	0,013

Fonte: Autor (2019).

4.3.5 Aplicação de testes estatísticos

Por meio das análises estatísticas solicitadas nas normas técnicas foram realizados os cálculos necessários para verificação da qualidade posicional planimétrica do ortomosaico.

4.3.6 Verificação da qualidade posicional planimétrica do ortomosaico

Com os resultados dos testes estatísticos, o ortomosaico foi classificado conforme as normas de referência utilizados neste trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DO ORTOMOSAICO

Após finalização dos procedimentos de ortorretificação no *software* Pix4Dmapper, obteve-se o ortomosaico, objeto de estudo do trabalho de conclusão de curso, o qual se encontra no Apêndice A.

Analisando o relatório do processamento (Anexo C), verifica-se que o GSD do ortomosaico ficou em 5,62 cm, valor este aceitável para a finalidade de uso do produto, Cadastro Territorial Multifinalitário. O ortomosaico pode ser utilizado para extrair informações de posicionamento geográfico, tendo alta fidelidade geométrica e semântica. Os testes de precisão e acurácia deste trabalho foram realizadas na escala 1/1.000, buscando atender as especificações de Classe A das normas utilizadas.

Para utilização na confecção de cartas cadastrais, pode-se ter como ferramenta para apoio ou para elaboração o ortomosaico gerado, que possui fidelidade na representação das parcelas, servindo de referência para questões legais ou tributação.

5.2 CLASSIFICAÇÃO CONFORME DECRETO Nº 89.817-84/ ET-CQDG – BRASIL

Através dos pontos de checagem coletados em campo e no ortomosaico, realizou-se os cálculos propostos na normativa. Utilizou-se o software GeoPEC versão 3.5.2. O software é gratuito, estando disponível para download no endereço http://www.geopec.com.br/.

O total da amostragem em campo foi de 195 pontos, sendo utilizados cantos de muros, faixas de pedestres, poços de visita da rede de esgoto.

Após a execução dos cálculos, se obteve os resultados estatísticos apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados estatísticos das discrepâncias posicionais planimétricas dos 195 pontos

Resultado Estatístico	Este (m)	Norte (m)	Resultante (m)
Média	0,0110	-0,0011	0,0385
Desvio Padrão	0,0431	0,0420	0,0476
RMS	0,0444	0,0419	0,0611
Máximo	0,3340	0,2520	0,4184
Mínimo	-0,1730	-0,1890	0,0030

Fonte: Autor (2019)

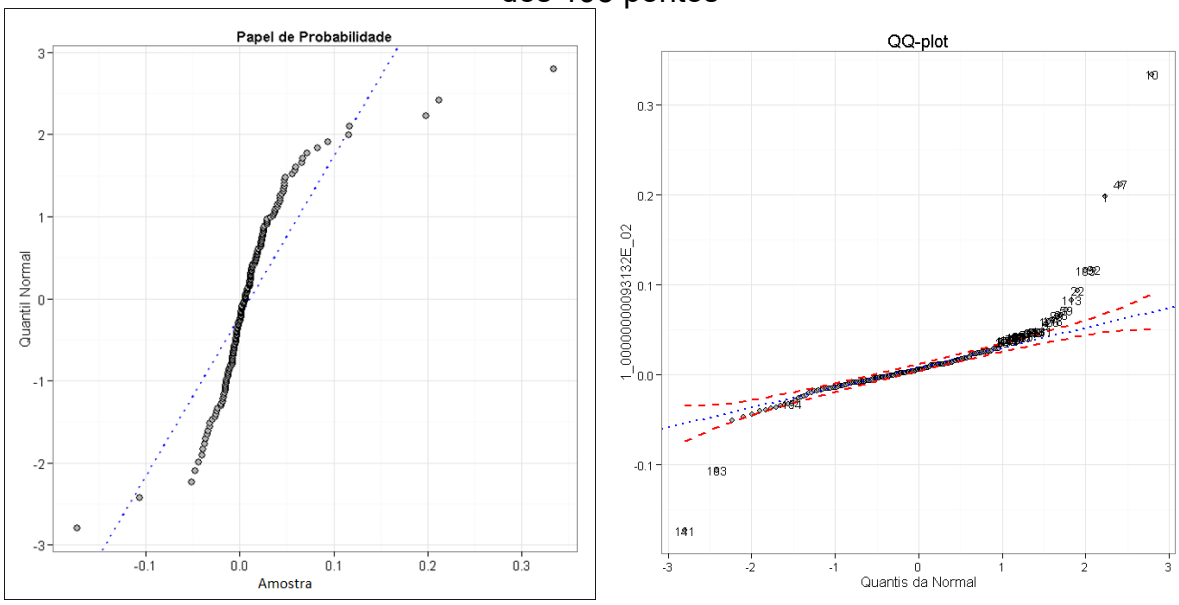
Para estudo da normalidade das discrepâncias posicionais planimétricas utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk*, com nível de confiança de 95%. Os resultados são apresentados na Tabela 12. A Figura 21 demonstra os gráficos de normalidade da coordenada Este e a Figura 22 os gráficos de normalidade da coordenada Norte pelo método de *Shapiro-Wilk*.

Tabela 12 – Resultados do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* dos 195 pontos

Coordenada	Resultado	p-valor	Tipo de amostra
Este	0,7236	0,0000	Não normal
Norte	0,7930	0,0000	Não normal

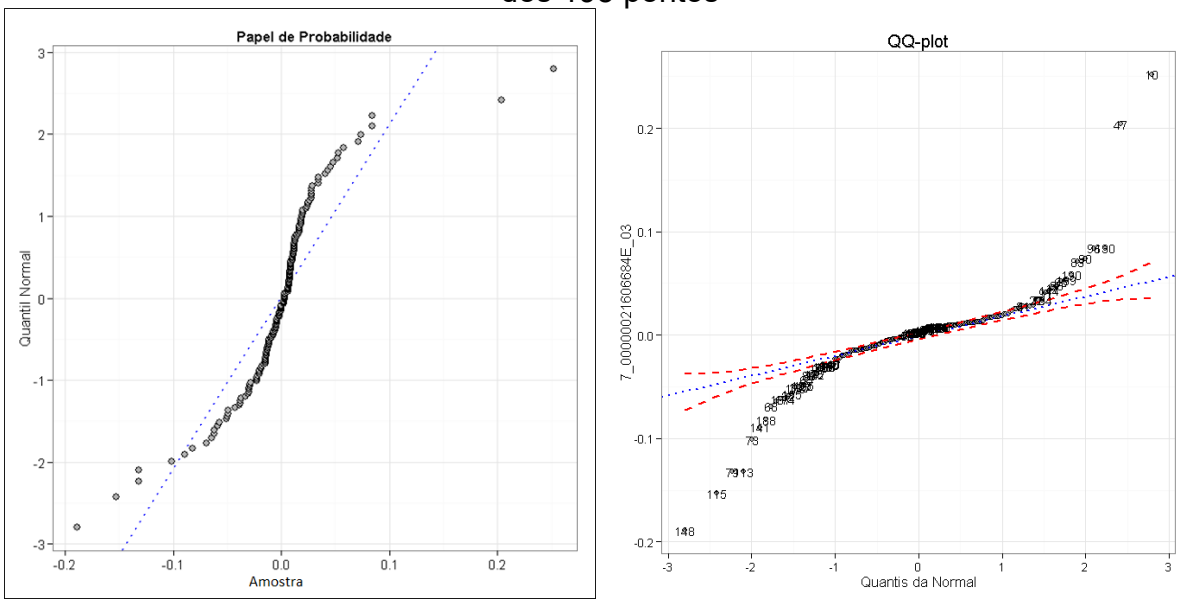
Fonte: Autor (2019)

Figura 21 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Este por *Shapiro-Wilk* dos 195 pontos



Fonte: Autor (2019).

Figura 22 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Norte por *Shapiro-Wilk* dos 195 pontos



Fonte: Autor (2019).

Conforme a Tabela 12, a amostragem foi classificada como não normal, tendo o p-valor abaixo da confiabilidade esperada. Os gráficos de normalidade apresentados nas Figuras 21 e 22 demonstram o comportamento dos dados, nos quais se notam desvios significativos com relação a linha de tendência esperada. Devido aos resultados, foi realizado um filtro e retirou-se da amostragem pontos que tiveram problemas de identificação no ortomosaico, pois conforme Santos et al. (2016), o teste de hipótese *t de Student* exige distribuição normal da amostra.

As discrepâncias estão relacionadas a problemas de posicionamento do receptor GNSS nos elementos de interesse, devido a quinas, falhas na pintura da faixa de pedestre, classes difíceis de serem identificadas no ortomosaico.

Com a filtragem dos dados, obteve-se um tamanho de amostra de 149 pontos. A Tabela 13 apresenta os resultados dos cálculos estatísticos.

Tabela 13 – Resultados estatísticos das discrepâncias posicionais planimétricas dos 149 pontos (continua)

Resultado Estatístico	Este (m)	Norte (m)	Resultante (m)
Média	-0,0056	-0,0007	0,0228
Desvio Padrão	0,0211	0,0159	0,0144
RMS	0,0216	0,0157	0,0269

(conclusão)

Resultado Estatístico	Este (m)	Norte (m)	Resultante (m)
Máximo	0,047	0,039	0,0721
Mínimo	-0,072	-0,043	0,003

Fonte: Autor (2019).

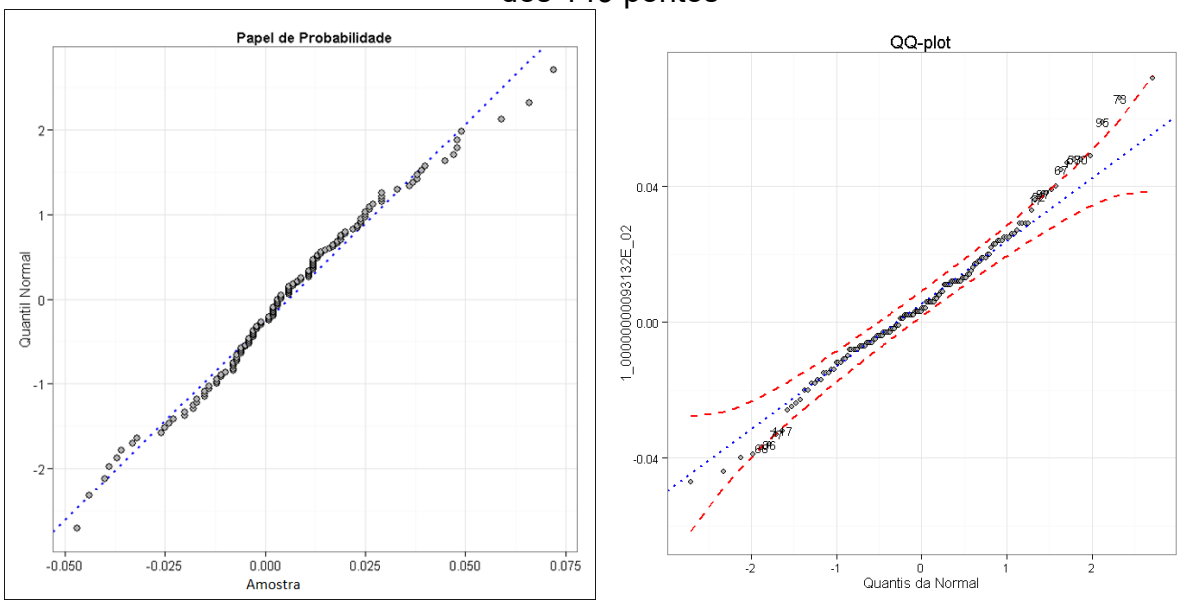
A Tabela 14 demonstra os resultados encontrados no teste de *Shapiro-Wilk*. A Figura 23 demonstra os gráficos de normalidade da coordenada Este e a Figura 24 os gráficos de normalidade da coordenada Norte pelo método de *Shapiro-Wilk*.

Tabela 14 – Resultados do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* dos 149 pontos

Coordenada	Resultado	p-valor	Tipo de amostra
Este	0,9849	0,1038	Normal
Norte	0,9839	0,0794	Normal

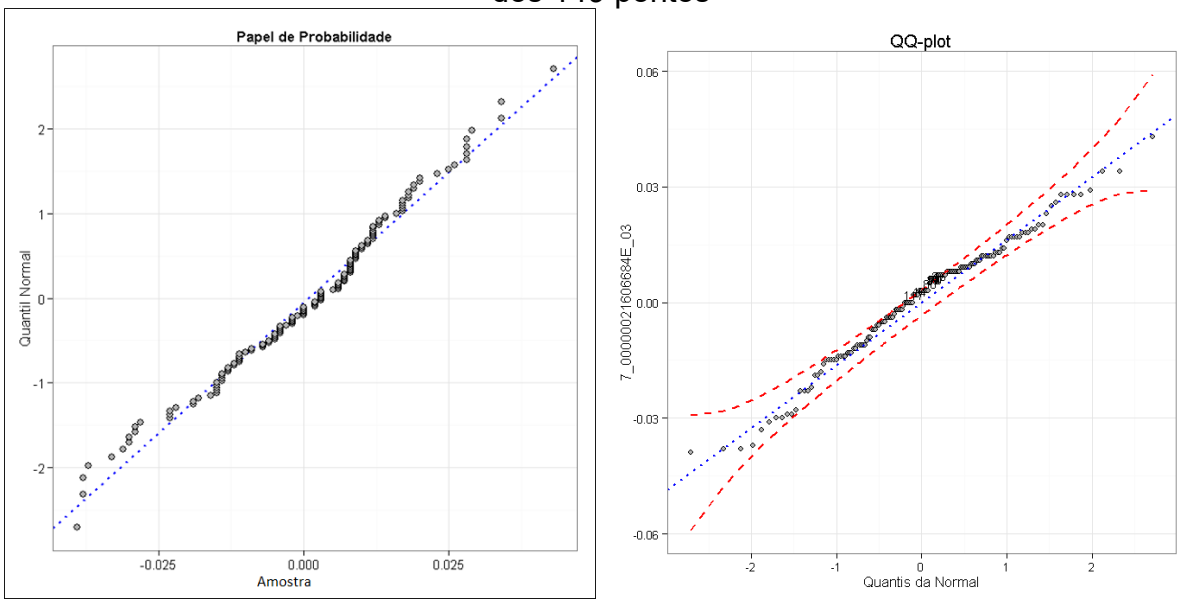
Fonte: Autor (2019).

Figura 23 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Este por *Shapiro-Wilk* dos 149 pontos



Fonte: Autor (2019).

Figura 24 – Gráficos do teste de normalidade da coordenada Norte por *Shapiro-Wilk* dos 149 pontos



Fonte: Autor (2019).

A amostragem apresentou distribuição normal para as coordenadas Este e Norte. Para atendimento a normalidade dos dados, o valor de p-valor deve estar acima da confiabilidade analisada de 0,05. Sendo assim, tanto para a coordenada Este como para a Norte os valores ficaram acima. Com isso, realiza-se a análise de tendência pelo método *t de Student*.

O teste de *t de Student* busca identificar se a média das discrepâncias posicionais é estatisticamente igual a zero, verificando se o produto possui tendência ou não com relação a um nível de confiança.

O resultado do teste *t de Student* foi extraído do software GeoPEC. O valor tabelado foi de 1,6562 para as coordenadas Este e Norte. Para a coordenada Este o resultado calculado foi de -3,2397, o que configura a existência de efeito sistemático. Com relação a coordenada Norte, o valor calculado foi de -0,5374, sem ocorrência de tendência.

O erro sistemático influencia todas as medições, apresentando-se igualmente deslocadas com relação ao valor verdadeiro. Como houve detecção de tendência na coordenada Este, o ortomosaico não pode ser considerado acurado para a escala de estudo. Galo e Camargo (1994) afirmam que a tendência verificada no teste *t de Student* pode ser eliminada realizando a subtração da discrepância média encontrada com o valor de cada coordenada presente na direção com tendência.

A análise de precisão refere-se ao desvio padrão das discrepâncias com o erro padrão. O software GeoPEC fornece os resultados de precisão, conforme apresentados na Figura 25.

Figura 25 – Resultados da análise de precisão

Classificação do Decreto 89.817 / ET-CQDG:

Classe	ET-CQDG	%di(E) < PEC	%di(N) < PEC	%di(abs) < PEC	RMS < EP	Resultado
	A	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
A	B	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
B	C	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
C	D	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado

Fonte: GeoPEC (2019).

Os resultados apresentados na Figura 25 evidenciam que o ortomosaico possui precisão prevista para a Classe A na escala 1:1.000.

5.3 CLASSIFICAÇÃO CONFORME NORMA PADRÃO DA ACURÁCIA PARA DADOS DIGITAIS GEOESPACIAIS-ASPRS (2014)

A norma Padrão da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS exige amostragem mínima de 20 pontos para a área em estudo. Para a análise foram usados os 195 pontos levantados em campo. A acurácia posicional é calculada através do $RMSE_x$ e $RMSE_y$, comparando-se as especificações do produto para definir a classe de acurácia horizontal do ortomosaico.

Os valores de $RMSE_x$ e $RMSE_y$ foram de 0,1543 metros e 0,0153 metros respectivamente. Com os dados de $RMSE_x$ e $RMSE_y$ foi calculada a acurácia horizontal, que se encontra na classe $RMSE_x$ ou $RMSE_y$ de 0,1550 metros. Quanto ao nível de confiança de 95%, o ortomosaico apresenta acurácia posicional absoluta de 0,2683 metros. Com a resolução espacial do ortomosaico em 5,62 cm e os valores de $RMSE_x$ e $RMSE_y$ encontrados, o ortomosaico se enquadra em 3 pixels, a qual pode ser utilizado em trabalhos “quando não forem necessárias acurácias mais altas”.

Como se detectaram problemas na coleta dos pontos de checagem em campo, utilizou-se o mesmo número de pontos do decreto nº 89.817/ ET-CQDG, resultantes em 149 pontos.

Os valores de $RMSE_x$ e $RMSE_y$ foram de 0,0678 metros e 0,0089 metros respectivamente. A acurácia horizontal se encontra na classe $RMSE_x$ ou $RMSE_y$ de 0,0684 metros. Quanto ao nível de confiança de 95%, o ortomosaico apresenta

acurácia posicional absoluta de 0,1184 metros, se enquadrando em 2 pixels, a qual pode ser utilizada em trabalhos de “mapeamento padrão e SIG”.

5.4 CLASSIFICAÇÃO CONFORME NORMA STANAG 2215 – OTAN

Conforme a norma STANAG 2215 – OTAN, o número mínimo de pontos de checagem é de 167 pontos, independente da área de estudo. Assim como as demais normas utilizadas, os cálculos foram executados com os 195 pontos.

A acurácia horizontal dada pelo desvio-padrão circular foi de 0,1093 metros. Como a fonte de referência não apresentou discrepâncias significativas, considera-se o desvio-padrão circular das diferenças calculado como sendo igual ao desvio-padrão circular final.

Com o resultado do desvio-padrão circular, encontra-se a acurácia horizontal absoluta através do CMAS (*Circular Map Accuracy Standard*). Como há existência de erros sistemáticos na coordenada Este, deve-se aplicar a Equação 27 para realização do cálculo. O valor de CMAS encontrado foi de 0,2346 metros, o que atribui ao ortomosaico classificação A.

A norma STANAG 2215 especifica testes para detecção de *outliers* e tendência. O teste de tendência é calculado através do método *t de Student*, o qual acusou tendência na coordenada Este. A detecção de *outliers* é feita através da Equação 28, sendo o valor verificado na condição da Equação 29. O valor de R foi de 0,3826, o que evidencia a presença de *outliers* no produto.

Como foi levantado um total de 195 pontos, excluiu-se os que possuem maior discrepância entre as coordenadas do ortomosaico e as levantadas com GNSS RTK. A Tabela 15 apresenta os resultados dos cálculos estatísticos realizados.

Tabela 15 – Resultados estatísticos das discrepâncias posicionais planimétricas dos 167 pontos

Resultado Estatístico	Este (m)	Norte (m)	Resultante (m)
Média	-0,0050	-0,0008	0,0251
Desvio Padrão	0,0204	0,0212	0,0163
RMS	0,0209	0,0211	0,0299
Máximo	0,0470	0,0590	0,0930
Mínimo	-0,0720	-0,0840	0,0030

Fonte: Autor (2019).

O desvio-padrão circular foi de 0,059 metros. Como a fonte de referência não apresentou discrepâncias significativas, considera-se o desvio-padrão circular das diferenças calculado como sendo igual ao desvio-padrão circular final.

O valor da acurácia horizontal absoluta CMAS encontrado foi de 0,0985 metros, atribuindo classe A para o ortomosaico. O teste de tendência feito pelo método *t de Student*, apontou tendência na coordenada Este. O ortomosaico apresentou *outlier,* pois o valor de R foi de 0,1606.

6 CONCLUSÃO

Como parte curricular para a formação do Engenheiro Agrimensor, o trabalho de conclusão de curso propicia a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante a graduação nas tarefas do dia-a-dia.

Analisando o resultado dos cálculos estatísticos, observa-se que perante o Decreto nº 89.817-84/ET-CQDG o ortomosaico na escala 1/1.000 teve distribuição normal e atendeu os requisitos de precisão, embora possua efeito sistemático na coordenada Este, fazendo com que não apresente acurácia. Quanto a norma de Padrões da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS, o ortomosaico apresentou acurácia posicional absoluta de 0,1184 metros, se enquadrando em 2 pixels, a qual pode ser utilizada em trabalhos de “mapeamento padrão e SIG”. Na norma STANAG 2215 – OTAN, o ortomosaico apresentou valor da acurácia horizontal absoluta de 0,0985m, atribuindo classe A para o ortomosaico na escala 1/1.000. O produto pode ser utilizado no Cadastro Territorial Multifinalitário, pois apresentou resultados condizentes com as exigências das normas propostas.

Vale ressaltar que para alcançar resultados positivos deve-se respeitar fatores: o planejamento e execução do voo, a boa distribuição dos pontos de controle, bem como sua perfeita identificação no solo, boas condições climáticas e de luminosidade, equipamentos revisados.

O atendimento aos fatores citados permitem que as fotografias adquiridas terão poucas distorções, visualização nítida dos pontos de controle e facilidade na identificação dos pontos homólogos durante o processamento. Na etapa de geração do ortomosaico o uso de parâmetros com maior precisão, aplicação de filtros, escolha dos estilos de processamento e conhecimento das configurações do *software* contribuem para que o produto final possua características essenciais para o uso que se destina.

Em se tratando de Cadastro Territorial Multifinalitário, quanto maior precisão do ortomosaico menores são as distorções no processo de vetorização, visto que erros podem ocorrer devido a habilidade do desenhista na coleta fidedigna das feições.

Tanto o Decreto nº 89.817-84/ET-CQDG quanto a norma de Padrões da Acurácia para Dados Digitais Geoespaciais-ASPRS não definem a verificação de

outliers e tendência nos dados, o que faz com que a STANAG 2215 – OTAN seja mais estruturada e detalhada metodologicamente.

Os objetivos propostos foram alcançados, pois embora existam diferenças nas metodologias das normas, os resultados foram próximos, o que evidencia a possibilidade do uso do ortomosaico. As normas se diferenciam nos métodos estatístico, apresentam diferenças quanto ao tamanho mínimo de pontos de checagem para a área de estudo e podem induzir o leitor a interpretações errôneas de resultados e metodologia.

Os RPA possuem características peculiares que podem ser utilizadas no Cadastro Territorial Multifinalitário, pois além de gerarem imagens de qualidade, diminuem os custos operacionais, detalham áreas inacessíveis.

Sugere-se para trabalhos futuros verificação da qualidade posicional vertical, bem como, estudos específicos na variação de modelos construtivos das edificações, ou seja, estruturas multifamiliares e com grande verticalização, a fim de ampliar o uso dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, P.S. **Princípios de cartografia básica** – v. 1. Illinois State University, 1982.

ASPRS. ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 1 ed., v. 1.0 – Novembro, 2014, 26p.

BRASIL. Portaria nº 511, de 8 de dezembro de 2009. Portaria do Ministério das Cidades: **Diretrizes Para A Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos Municípios Brasileiros.**. p. 75.

BURITY, E. F. **A carta cadastral urbana - Seleção de dados a partir da análise das necessidades dos usuários**. 1999. Monografia (Mestrado): Instituto Militar de Engenharia, Engenharia Cartográfica - Rio de Janeiro, 1999. 106 p.

CAMARGO, W. **Base Cadastral**. Rio de Janeiro, 2011. p. 34 - 42.

CARNEIRO, A.F. **Cadastro imobiliário e registro de imóveis**. Instituto de registro imobiliário do Brasil. Porto Alegre, 2003.

CARNEIRO, A. F. T.; LOCH, C. Análise do cadastro imobiliário de algumas cidades brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 4., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis. 2000.

COSTA, G. C.; DA SILVA, D. C. Pré-sinalização de pontos de apoio em Aerofotogrametria com câmeras de pequeno formato. In. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2012.

COSTA, C. et al. **Atas da 6ª Conferência de Software Aberto para SIG**. Disponível em: < https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/10301/1/Atas_SASIG2015_v06_COMPLETO.pdf#page=38>. Acesso em: 16 set. 2019.

DANTAS, Y. V.; PEREIRA, G. C.. A multifinalidade do cadastro - conceitos e propostas. In: CONGRESSO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, Florianópolis: UFSC, 2014.

DA SILVA, P. C. R.. **O emprego de veículos não tripulados no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. 2015. Monografia (Mestrado): Centro de Ensino Bombeiro Militar, 2015.

DA SILVA, C. A. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e *LiDAR*. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v.22, n. 1, p. 73-94, jan-mar, 2016.

DOD. Unmanned aircraft systemas roadmap – 2005-2030. Office of the Secretary of Defense, 2005.

DRONENG. **5 critérios importantes na distribuição dos pontos de apoio**. Disponível em: < http://blog.droneng.com.br/distribuicao-dos-pontos-em-campo/>. Acesso em: 19 ago. 2019.

DSG. Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais. 1ª. Edição. Brasília, 2016, 94p.

EMBRAPA. **GLONASS (Global Navigational Satellite System)**. 2013. Disponível em: < https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/glonass>. Acesso em: 19 ago. 2019.

FELGUEIRAS, C. A.. **Modelagem numérica de terreno**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE-8081-PRE/3896, p. 39, 2001.

FONSECA NETO, Francisco de Deus et al. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DE DADOS ESPACIAIS GERADOS POR VANT UTILIZANDO FEIÇÕES PONTUAIS E LINEARES PARA APLICAÇÕES CADASTRAIS. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.134-149, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702017000100009.

GALO, M.; Camargo, P.O. Utilização do GPS no controle da qualidade de carta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2007, Florianópolis. **Anais...** UFSC, 1994, p. 41-48.

GERKE, T. **Mineração de dados de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada para estimativa de produtividade do trigo.** 2017. Monografia (Mestrado): Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2017.

GRIPP JUNIOR, Joel. **Ortorretificação de imagens de alta resolução para aplicação em cadastro técnico rural e mapeamento de áreas de preservação permanente e reservas legais**. 2009. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

HU, Y.; TAO, V.; CROITURU, A. **Understanding the rational function model: methods and applications**. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 20, 2004, Istanbul, Turquia. Disponível em: <http://www.isprs.org/proceedings/xxxv/congress/comm4/papers/423.pdf> Acesso em: 03 set. 2019.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/lauro-muller/panorama>. Acesso em: 02 set. 2019.

IBGE. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf.>. Acesso em: 19 ago. 2019.

INCRA. **Manual técnico de posicionamento**.1 ed. Brasília: 2013. 37 p. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

JENSEN, J. R.. **Sensoriamento Remoto do Ambiente** – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Ed. Parêntese. São Paulo, 2009.

KLEIN, I.; GUZATTO, M. P.; FRANÇA, R. M.; **Apostila de GNSS: Curso técnico de Agrimensura**. Florianópolis, 2016. (Apostila).

LARSSON, G. Land registration and cadastral systems. Reprinted. England, UK, Longman Group, 1996 p. 19-22.

LOCH, Carlos. A cidade brasileira: A realidade do cadastro técnico urbano no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** . Inpe, 2007. p. 5357 - 5364.

LOCH, Carlos. Cadastro técnico multifinalitário e gestão territorial. In: COBENGE, 2001, Porto Alegre: Ema, 2001. p. 63 – 70

LOWE, D. Distinctive Image Features from Scale Invariant Key points. **International Journal of Computer Vision**. 2004.

LUZ, C. C. **Avaliação da exatidão absoluta de ortofoto obtida por meio de dados brutos oriundos de veículos aéreos não tripulados (SISVANT)** – Universidade Federal do Paraná, 119 p. - Curitiba 2015.

MONICO, J. F.. **GNSS: Conceitos Fundamentais.** Aplicações não convencionais do GNSS. 2016. Disponível em: <http://gege.fct.unesp.br/docentes/carto/galera/GNSS_N%E3o_Convenc/GNSS_over.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

MONICO, J. F. **Posicionamento pelo GNSS - descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Ed. Unesp. 2007. 480p.

MOREIRA, João Marcos et al. Avaliação da qualidade posicional planimétrica de ortofotos usadas no cadastro territorial multifinalitário através de feições lineares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 13., 2018, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: UFSC, 2018.

MOUTINHO, Óscar et al. **Estudo comparativo de software fotogramétrico em diferentes ambientes com RPAS: Comercial vs. Open Source**. Disponível em: <https://viiicncg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015_comunicao_43.pdf>. Acesso em: 16 set. 2019.

NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. **Astronomia: ensino fundamental e médio**. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009.

NSA. **EVALUATION OF LAND MAPS, AERONAUTICAL CHARTS AND DIGITAL TOPOGRAPHIC DATA N° 2215**: Norma técnica. 7 ed. Bruxelas: Nato Standardization, 2010. 29 p.

NUNES, T. J.. **Aplicação da tecnologia através de drones no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. 2017. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017.

OLIANI, L. O.. **Noções de cadastro técnico territotial multifinalitário - CTM**. Curitiba: CREA-PR, 2016. 36 p. (Série de Cadernos Técnicos)

OLIVEIRA, D. Aeronaves não tripuladas – ANT – Histórico no CTA e Perspectivas. **Divisão de Sistemas Aeronáuticos-ASA**, São José dos Campos: CTA, 2005.

PIX4D. Pix4Dmapper 3.0 user manual, **Pix4D S.A.**, Lausanne, Suíça, 2016. Disponível em: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf-#gsc.tab=0>. Acesso em: 26 ago. 2019.

REDWEIK, P. - **Fotogrametria Aérea**. Departamento de Engenharia Geográfica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2007. Disponível em: <http://snig.igeo.pt/snig-educ/ficheiros/Paula%20Redweik/> Acesso em: 26 ago. 2019.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. ISBN: 978.85.7391-197-8, 376p. Editora UFSM. Santa Maria, 2013.

RODRIGUES, E. B. A cidade brasileira: Desafio ao planejamento e à administração. In: SEMINÁRIO DE CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO. Brasília, Ministério das Cidades, 2005.

ROSSO, P. M. **Utilização de imagens obtidas por drone na construção de cartas cadastrais.** 2019. 67 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Agrimensura, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.

SANTOS, A. P. **Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais com Uso da Estatística Espacial** (Viçosa, MG). Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010, 128p.

SANTOS, Robert Henrique Gonçalves. **Gnss aplicado ao licenciamento ambiental de empreendimento aquícola**. 2017. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SASS, Glaucia Gabriel; AMORIM, Amilton. Análise temporal a partir do cadastro territorial multifinalitário. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 2, n. 65, p.283-291, mar. 2013.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: fundations, methods and applications**. Berlim, New-York: Walter de Gruyter, 356p.,1993.

SILVA, C. A; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SABADIA, J. A. B. Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

SILVA JÚNIOR, J. F. da et al. Classificação numérica e modelo digital de elevação na caracterização espacial de atributos dos solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.415-424, abr. 2012. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012000400012.

SOBEL, D. **Longitude: a verdadeira história de um gênio solitário que resolveu o maior problema científico do século XVIII, Tradução de Bazán Tecnologia e Linguística**. Rio de Janeiro: Ediouro, 144p.,1996.

SOUZA, G. C. **Análise de metodologias no levantamento de dados espaciais para cadastro urbano**. 2001. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SOUZA, M. A. R.; QUEIROZ, D. M. Análise da precisão de diferentes receptores gnss para coleta de dados. In. XXI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E XVII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba. 2017. **Anais...** Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/indice_geral.html>. Acesso em: 19 ago. 2019.

TSCHIEDEL, A. F. *et al*. Construção de um modelo digital de superfície de uma voçoroca a partir do uso de drone. In. XIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS E I PARTÍCULAS NAS AMÉRICAS – Vitória, 2018.

US ARMY. **PHOTOGRAMMETRIC MAPPING – EM 1110-1-1000 – Engineer Manual (Series Engineering and Design).** U.S. Army Corps of Engineers. Washington DC, Estados Unidos: 2002.

VAZ, F.. **GNSS: métodos de posicionamento**. 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/380603/mod_resource/content/1/GNSS-Metodos%20de%20posicionamento.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

VIANA, Camilla Evelyn de Oliveira. **Uso de levantamento planialtimétrico para atualizar base cartográfica: estudo de caso município de Teotônio Vilela-AL**. 2017. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2017.

VOLPI, Edmilson Martinho. **A importância da base cartográfica para o cadastro técnico**. Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/a-importancia-da-base-cartografica-para-o-cadastro-tecnico/>. Acesso em: 12 ago. 2019.

ZANETTI, J.; BRAGA, F. L. S.; SANTOS, A. P. dos. Comparativo das normas de controle de qualidade posicional de produtos cartográficos do Brasil, da ASPRS e da OTAN. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 70, n. 1, p.359-390, jan-mar. 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A – PONTOS DE CHECAGEM

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
LM-M01	Base	657882,207	6858368,526
01	*Checkpoint*	656943,959	6857835,804
02	*Checkpoint*	656942,995	6857816,962
03	*Checkpoint*	656976,172	6857829,809
04	*Checkpoint*	656437,907	6858202,551
05	*Checkpoint*	656421,377	6858234,939
06	*Checkpoint*	656819,431	6858224,504
07	*Checkpoint*	656913,705	6858130,156
08	*Checkpoint*	656843,788	6858307,967
09	*Checkpoint*	656843,113	6858321,513
10	*Checkpoint*	656850,533	6858326,056
11	*Checkpoint*	657048,313	6858242,482
12	*Checkpoint*	657073,343	6858240,349
13	*Checkpoint*	657105,640	6858125,141
14	*Checkpoint*	657189,319	6858204,086
15	*Checkpoint*	657293,000	6858120,884
16	*Checkpoint*	657388,256	6858189,478
17	*Checkpoint*	657155,567	6858340,275
18	*Checkpoint*	657147,243	6858345,477
19	*Checkpoint*	657511,026	6858536,095
20	*Checkpoint*	657530,605	6858532,617
21	*Checkpoint*	657467,859	6858627,165
22	*Checkpoint*	657439,853	6858506,031
23	*Checkpoint*	657179,432	6857896,415
24	*Checkpoint*	657135,271	6857874,666
25	*Checkpoint*	657870,184	6858366,710
26	*Checkpoint*	657880,449	6858355,336
27	*Checkpoint*	657335,654	6858020,548
28	*Checkpoint*	657609,323	6858141,581
29	*Checkpoint*	657475,383	6858099,683

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
30	*Checkpoint*	657637,902	6858346,913
31	*Checkpoint*	657655,607	6858335,975
32	*Checkpoint*	657740,328	6858504,069
33	*Checkpoint*	657903,314	6858509,578
34	*Checkpoint*	658021,142	6858583,787
35	*Checkpoint*	657991,863	6858658,109
36	*Checkpoint*	657918,020	6858769,909
37	*Checkpoint*	657985,675	6858797,754
38	*Checkpoint*	658432,705	6858896,422
39	*Checkpoint*	658469,060	6858910,367
40	*Checkpoint*	658235,351	6859259,693
41	*Checkpoint*	657910,581	6859096,396
42	*Checkpoint*	657939,122	6859099,186
43	*Checkpoint*	657759,863	6859074,697
44	*Checkpoint*	657840,681	6859045,505
45	*Checkpoint*	657858,836	6859068,956
46	*Checkpoint*	657926,464	6858920,361
47	*Checkpoint*	657819,546	6858834,247
48	*Checkpoint*	657757,828	6858923,992
49	*Checkpoint*	657735,615	6858988,050
50	*Checkpoint*	657666,911	6858963,243
51	*Checkpoint*	657596,459	6859013,799
52	*Checkpoint*	657549,393	6858898,247
53	*Checkpoint*	657524,114	6858838,691
54	*Checkpoint*	657585,964	6858734,121
55	*Checkpoint*	657602,643	6858701,288
56	*Checkpoint*	657557,420	6858669,504
57	*Checkpoint*	657540,161	6858680,628
58	*Checkpoint*	657324,278	6858547,917
59	*Checkpoint*	656992,085	6858577,196
60	*Checkpoint*	656667,846	6858613,532
61	*Checkpoint*	656666,606	6858644,812

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
62	*Checkpoint*	656615,590	6858393,499
63	*Checkpoint*	656539,160	6858458,641
64	*Checkpoint*	656531,664	6858478,880
65	*Checkpoint*	656575,650	6858340,562
66	*Checkpoint*	656704,056	6858320,502
67	*Checkpoint*	656746,794	6858410,033
68	*Checkpoint*	656743,879	6858463,722
69	*Checkpoint*	656724,097	6858500,812
70	*Checkpoint*	656841,362	6858494,423
71	*Checkpoint*	656899,158	6858491,913
72	*Checkpoint*	656939,244	6858506,700
73	*Checkpoint*	657036,483	6858381,491
74	*Checkpoint*	656882,984	6858392,477
75	*Checkpoint*	656826,237	6858404,558
76	*Checkpoint*	656986,337	6858275,304
77	*Checkpoint*	656806,782	6857925,036
78	*Checkpoint*	656615,308	6857955,483
79	*Checkpoint*	656454,124	6857974,531
80	*Checkpoint*	656346,514	6858225,329
81	*Checkpoint*	656474,239	6858247,295
82	*Checkpoint*	657713,653	6858190,560
83	*Checkpoint*	657790,617	6858199,944
84	*Checkpoint*	658271,969	6858267,191
85	*Checkpoint*	658306,514	6858436,619
86	*Checkpoint*	658010,485	6858429,318
87	*Checkpoint*	658075,826	6858463,356
88	*Checkpoint*	658531,619	6858438,884
89	*Checkpoint*	658521,256	6858454,096
90	*Checkpoint*	658637,917	6858398,496
91	*Checkpoint*	658626,952	6858464,424
92	*Checkpoint*	658638,139	6858524,177
93	*Checkpoint*	658649,805	6858586,930

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
94	*Checkpoint*	658599,887	6858606,701
95	*Checkpoint*	658547,305	6858541,822
96	*Checkpoint*	658556,764	6858603,469
97	*Checkpoint*	658573,905	6858649,552
98	*Checkpoint*	658521,002	6858632,905
99	*Checkpoint*	658345,326	6858515,179
100	*Checkpoint*	658411,236	6858544,084
101	*Checkpoint*	658172,846	6858445,758
102	*Checkpoint*	657898,472	6858174,749
103	*Checkpoint*	657865,076	6858479,486
104	*Checkpoint*	657754,094	6858637,370
105	*Checkpoint*	657753,631	6858783,979
106	*Checkpoint*	657623,548	6858529,242
107	*Checkpoint*	657493,449	6858264,971
108	*Checkpoint*	657356,871	6858312,585
109	*Checkpoint*	657186,337	6858472,520
110	*Checkpoint*	657095,193	6858436,032
111	*Checkpoint*	657159,118	6858519,061
112	*Checkpoint*	657304,579	6858431,373
113	*Checkpoint*	656829,963	6857879,282
114	*Checkpoint*	656765,162	6857931,695
115	*Checkpoint*	656447,297	6858152,160
116	*Checkpoint*	656296,969	6858238,967
117	*Checkpoint*	656808,996	6858164,029
118	*Checkpoint*	658214,288	6858867,622
119	*Checkpoint*	658112,403	6858875,293
120	*Checkpoint*	658177,549	6858910,599
121	*Checkpoint*	658082,345	6858929,960
122	*Checkpoint*	658014,975	6858927,723
123	*Checkpoint*	658032,990	6859042,185
124	*Checkpoint*	658145,511	6858739,820
125	*Checkpoint*	658034,686	6858730,014

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
126	*Checkpoint*	658012,412	6858789,368
127	*Checkpoint*	658020,682	6858755,893
128	*Checkpoint*	657387,013	6858625,533
129	*Checkpoint*	657383,407	6858609,309
130	*Checkpoint*	657256,826	6858665,636
131	*Checkpoint*	657477,762	6858378,335
132	*Checkpoint*	657841,547	6858922,422
133	*Checkpoint*	657708,520	6858559,039
134	*Checkpoint*	656928,483	6858104,706
135	*Checkpoint*	656880,248	6858229,650
136	*Checkpoint*	656652,001	6858489,318
137	*Checkpoint*	656813,765	6857958,679
138	*Checkpoint*	656564,946	6858054,236
139	*Checkpoint*	658161,227	6859088,943
140	*Checkpoint*	658009,556	6859087,336
141	*Checkpoint*	657961,088	6859003,568
142	*Checkpoint*	657687,908	6858852,942
143	*Checkpoint*	657640,719	6858936,212
144	*Checkpoint*	657886,030	6858597,625
145	*Checkpoint*	657801,395	6858542,206
146	*Checkpoint*	657477,865	6858239,252
147	*Checkpoint*	657477,665	6858164,251
148	*Checkpoint*	657401,524	6858033,336
149	*Checkpoint*	657292,410	6858277,657
150	*Checkpoint*	657236,894	6858379,071
151	*Checkpoint*	657269,009	6858397,436
152	*Checkpoint*	657439,903	6858503,814
153	*Checkpoint*	656956,869	6857815,722
154	*Checkpoint*	656942,832	6857826,431
155	*Checkpoint*	656452,165	6858152,629
156	*Checkpoint*	656417,170	6858242,781
157	*Checkpoint*	657145,006	6857879,053

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
158	*Checkpoint*	657151,117	6857908,081
159	*Checkpoint*	657144,600	6857901,592
160	*Checkpoint*	657077,146	6857962,772
161	*Checkpoint*	656909,913	6858135,017
162	*Checkpoint*	656917,186	6858123,022
163	*Checkpoint*	656549,408	6858463,162
164	*Checkpoint*	656730,727	6858311,619
165	*Checkpoint*	656944,055	6858287,501
166	*Checkpoint*	656864,494	6858565,097
167	*Checkpoint*	657153,557	6858345,839
168	*Checkpoint*	657159,206	6858339,934
169	*Checkpoint*	657188,970	6858353,333
170	*Checkpoint*	657258,404	6858662,549
171	*Checkpoint*	657497,398	6858656,376
172	*Checkpoint*	657554,675	6858674,640
173	*Checkpoint*	657527,411	6858840,505
174	*Checkpoint*	657516,037	6858836,250
175	*Checkpoint*	658023,355	6859062,902
176	*Checkpoint*	658166,183	6859086,344
177	*Checkpoint*	658238,048	6859255,119
178	*Checkpoint*	658463,875	6858924,622
179	*Checkpoint*	658118,190	6858864,242
180	*Checkpoint*	657906,950	6858764,027
181	*Checkpoint*	657901,773	6858510,068
182	*Checkpoint*	657482,061	6858165,352
183	*Checkpoint*	657197,695	6858226,629
184	*Checkpoint*	657087,629	6858240,629
185	*Checkpoint*	657281,506	6858401,607
186	*Checkpoint*	657348,966	6858441,276
187	*Checkpoint*	657366,491	6858448,214
188	*Checkpoint*	657381,457	6858471,693
189	*Checkpoint*	657518,221	6858536,693

Ponto	Descrição	Este (m)	Norte (m)
190	*Checkpoint*	657739,986	6858501,556
191	*Checkpoint*	656833,263	6857905,589
192	*Checkpoint*	657349,627	6858351,932
193	*Checkpoint*	657764,612	6858789,970
194	*Checkpoint*	657798,074	6858227,547
195	*Checkpoint*	657451,503	6858149,091

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ORIENTAÇÃO

Convergência e declinação do ponto: CP_25
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Latitude φ= 28°23'00,10587" S
Longitude λ= 49°23'06,03107" W
Data: 07/10/2019

K = Fator de Escala: 0,9999090640
c = Convergência meridiana: -00°46'04"
d = Declinação magnética: -18°46'27,48"
ad = Variação anual da declinação magnética: -00°07'23,88"

ESCALA GRÁFICA

0 60 120 210 300 m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
FUSO 22 (MC - 51°)

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APÊNDICE A
ORTOMOSAICO DA ÁREA DE ESTUDO

ESCALA:	DATA:	FOLHA:
1/3000	07/10/2019	ÚNICA

ANEXO

ANEXO A – CERTIDÃO DE CADASTRO DA AERONAVE NO SISANT (ANAC)

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL
NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY

ANAC

CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO
UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE – NON-RECREATIONAL

Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até **02/07/2020**, salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.

This Inscription Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid ***07/02/2020,*** *unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.*

Operador *(Operator)*
[redacted]

CPF *(document)*:
[redacted]

Nº do cadastro ***(Inscription Number)***:
PP-001307177

Uso *(Purpose)*: não recreativo *(non-recreational)*
Ramo de atividade *(Business)*: Aerolevantamento - Aerofotogrametria
Fabricante *(Maker)*: Sensefly SA
Modelo *(Model)*: EBEE SODA
Nº de série *(Serial Number)*: EB-13-07177
Peso máximo de decolagem *(MTOW)*: 0,69 kg
Foto *(Picture)*:

O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.

Informações adicionais *(additional information)*:

O detentor desta certidão de cadastro (o operador), ou aquele com quem for compartilhada sua aeronave, é considerado apto pela ANAC a realizar voos **recreativos e não recreativos** no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.

The holder of this inscription certificate (the operator), or the person with whom this aircraft is shared, is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform ***recreational and non-recreational*** *flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities*

A validade desta certidão pode ser verificada pelo link
https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/Aeronave/ConsultarAeronave

Local e data da emissão *(Place and date of issue)*
Brasília, 7 de outubro de 2019
Brasília, October 7th, 2019

Esta certidão de cadastro não é válida para aeronaves não tripuladas acima de 25 kg de peso máximo de decolagem, ou em voos além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL).
This inscription certificate is not valid for unmanned aircraft of more than 25 kg maximum takeoff weight, or flying beyond visual line of sight (BVLOS) or over 400 feet or 120 meters above ground level (AGL).

ANEXO B – MONOGRAFIA DO PONTO BASE

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE-UNESC

INSTITUDO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS-IPAT

Monografia do Marco Geodésico

Município: Lauro Muller - SC	**Identif. do Vértice:** LM – M01	**Coordenadas Geográficas**	
	Data da Implantação: 01/07/2019	**LAT.:**	28°23'29.51323" S
	Datum: SIRGAS 2000	**LON.:**	49°23'18.58658" W
Bairro/Localidade: Arizona	**Elipsóide:** Ref. GRS 80	**Coordenadas UTM**	
	Kapa: 0,9999076825	**N:**	6.858.368,526 m
	Conv. Merid.: - 0°45'59"	**E:**	657.882,207 m
Satélite: GPS/GLONASS	**Meridiano Central:** - 51° (WGr.)	***H.:**	198,302 m

Foto Localização:

Foto Detalhe:

Descrição do Marco:

O ponto está materializado por um bloco de concreto trapezoidal de 60cm de altura, base de 15cm x 15cm e topo de 10cm x 10cm, enterrado no chão de maneira que aproximadamente 20cm de concreto fiquem visíveis. O ponto define-se pelo orifício central da chapa de metal fixa no topo do marco.

Localização:

O vértice LM – M01 está materializado por marco de concreto implantado na Rodovia SC – 390, no canteiro do estacionamento do Restaurante Chaminé Grill, ao lado do posto de gasolina Auto Posto Chaminé e a 870 metros da rotatória que da acesso ao centro da cidade pela Rua Dr. Valdir Contrim, sentido Lauro Muller/Orleans.

Croqui:

*** Altitude Elipsoidal**

ANEXO C – RELATÓRIO DO PROGRAMA PIX4DMAPPER

Quality Report

Generated with Pix4Dmapper version 4.5.2 Preview

Important: Click on the different icons for:

Help to analyze the results in the Quality Report

Additional information about the sections

Click here for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	Lauro Muller
Processed	2019-08-23 15:03:06
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	5.62 cm / 2.21 in
Area Covered	4.167 km^2 / 416.7041 ha / 1.61 sq. mi. / 1030.2311 acres
Time for Initial Processing (without report)	03h:44m:54s

Quality Check

Images	median of 67407 keypoints per image	✓
Dataset	1011 out of 1011 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	0.54% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 25561.1 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 26 GCPs (26 3D), mean RMS error = 0.025 m	✓

Preview

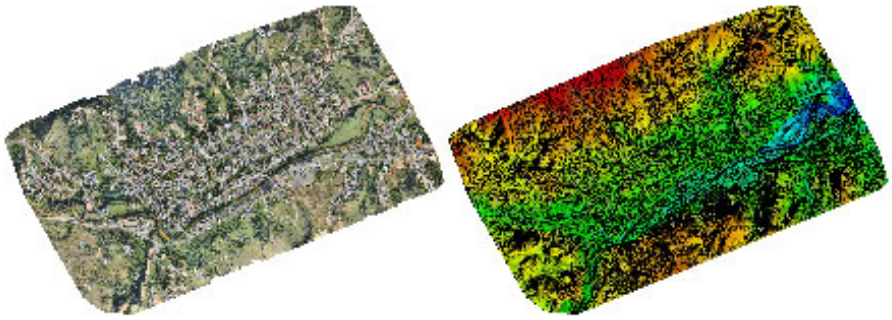


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details

Number of Calibrated Images	1011 out of 1011
Number of Geolocated Images	1011 out of 1011