

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

BRUNO JOSÉ BONHO LINK BARBOSA

THIAGO SILVA PEREIRA

**GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA ÁREA DE INTERESSE
HISTÓRICO/CULTURAL POR MEIO DE LEVANTAMENTO
FOTOGRAMÉTRICO ADQUIRIDO COM VANT (RPAS)**

PORTO ALEGRE

2017

BRUNO JOSÉ BONHO LINK BARBOSA

THIAGO SILVA PEREIRA

**GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA ÁREA DE INTERESSE
HISTÓRICO/CULTURAL POR MEIO DE LEVANTAMENTO
FOTOGRAMÉTRICO ADQUIRIDO COM VANT (RPAS)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro
Cartógrafo pelo Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PORTO ALEGRE

2017

Barbosa, Bruno José Bonho Link

Pereira, Thiago Silva

Geração De Base Cartográfica Para Área De
Interesse Histórico/Cultural Por Meio De Levantamento
Fotogramétrico Adquirido com VANT (RPAS) /Bruno
José Bonho Link Barbosa. /Thiago Silva Pereira-- 2017.

100 f.

Orientador: Mário Luiz Lopes Reiss.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Engenharia Cartográfica,
Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Fotogrametria. 2. Patrimônio histórico. 3.
Fototriangulação. 4. RPAS. 5. VANT. I. Reiss, Mário
Luiz Lopes, orient. II. Título.

BRUNO JOSÉ BONHO LINK BARBOSA

THIAGO SILVA PEREIRA

**GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA ÁREA DE INTERESSE
HISTÓRICO/CULTURAL POR MEIO DE LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO
ADQUIRIDO COM VANT (RPAS)**

Aprovada em: _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Mário Luiz Lopes Reiss – Orientador

Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza – Examinador 1

Prof. Dr. Gilberto Gagg – Examinador 2

Eng. Cart. Msc. Elen Marten de Lima – Examinador 3

PORTO ALEGRE

2017

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Instituto de Geociências pela disponibilização de equipamentos e recursos que possibilitaram a execução deste trabalho.

Ao Laboratório de Pesquisas em Fotogrametria da UFRGS (LAFOTO), pelo espaço e equipamentos disponibilizados.

Ao Professor Doutor Mário Luiz Lopes Reiss pela sua orientação, incentivo e oportunidades de aprendizado.

Aos nossos familiares pelo apoio incondicional.

Aos colegas de Graduação pelo companheirismo e disponibilidade.

Ao casal Olinda Guilhermina Konrad e Pedro Cláudio Konrad pela acolhida e disponibilidade para esclarecimentos sobre a vila de Santo Amaro do Sul.

Aos funcionários da UFRGS que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

RESUMO

O patrimônio histórico e cultural propicia a sua população conservar a sua história, preservando acervos e monumentos históricos que contribuem para o entendimento da identidade cultural da sociedade que o produziu. As novas tecnologias de mapeamento, nesse contexto, facilitam o monitoramento destes elementos. Elas permitem gerar produtos que criam um conhecimento do patrimônio na época do levantamento e também que podem servir como uma ferramenta no planejamento de ações de intervenção para a preservação, consolidando a herança cultural do local. Além disso, os produtos cartográficos beneficiam os órgãos integrantes da gestão municipal, auxiliando-os no planejamento de obras de construção e/ou manutenção dos equipamentos públicos. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo produzir uma base cartográfica para uma área de interesse histórico e cultural, através de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado (VANT) remotamente pilotado (RPAS) e técnicas adicionais de apoio de campo. Para atingir o escopo realizaram-se algumas atividades, listadas em sequência: (1) localização e/ou materialização e medição de base geodésica no local; (2) aquisição de fotografias verticais da área de interesse, com o uso do RPAS; (3) fototriangulação das imagens adquiridas; (4) geração de modelo digital de superfície e de terreno; (5) elaboração de true-ortofotomosaico; (6) extração vetorial das feições de interesse cartográfico; (7) avaliação da qualidade dos produtos finais gerados. A área de estudo analisada situa-se em Santo Amaro do Sul, distrito de General Câmara, importante área de interesse histórico e cultural nacional. Os dados adquiridos e processados deram origem a uma base cartográfica, contendo dados em formato raster e vetorial, representando a planimetria e a altimetria da região, com acurácias horizontal e vertical de 19 e 22 centímetros, respectivamente, avaliados em testes estatísticos.

Palavras chaves: Fotogrametria, Patrimônio Histórico, Fototriangulação por Feixes de Raios, RPAS, VANT.

ABSTRACT

Cultural heritage sites provide its population to maintain their history, preserving historical collections and monuments that contribute through understanding cultural identity of their own society. New mapping technologies, in this context, facilitate the monitoring of these historical elements. They allow products development that creates knowledge of the region situation at the time of the survey and, even more, can be useful tool for planning intervention actions for preservation, consolidating cultural heritage of this place. Furthermore, activities will benefit municipality management, helping them to manage construction and/or to maintenance public equipment. The aim of this paperwork, therefore, is to produce a cartographic base for the area of historical and cultural interest, through images obtained by remotely piloted aircraft system (RPAS) and additional survey techniques. In order to reach this scope, the following steps were fulfilled, in this sequence: (1) location or materialization and measurement of geodetic marks at the site; (2) acquisition of vertical photographs of the area of interest using RPAS; (3) execution of bundle method adjustment for the acquired images; (4) development of digital surface model and terrain; (5) production of trueorthophotomosaic; (6) execution feature extraction over the true-orthophoto mosaic (7) quality control evaluation of final products developed. The study area is located in Santo Amaro do Sul, in General Câmara district, an important area of historical and cultural interest. The results compose the developed base, containing cartographic data in raster and in vector format, representing the planimetry and altimetry of this region, with horizontal and vertical accuracy of 19 and 22 centimeters, respectively, evaluated in statistical tests.

Keywords: Photogrammetry, Cultural Heritage, Bundle Method Adjustment, RPAS, UAV.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização	20
Figura 2 - Geóide, Elipsoide e Ondulação Geoidal.	25
Figura 3 - Recobrimento Fotogramétrico.....	28
Figura 4 - Modelo Digital de Superfície	34
Figura 5 - Geração de ortofoto	36
Figura 6 – Características eBee	37
Figura 7 - Receptor GNSS L1/L2 RTK.	39
Figura 8 - Fluxograma com os procedimentos adotados	41
Figura 9 - HV posicionado no terreno.....	43
Figura 10 - Receptores de base localizados na eclusa e da pousada	44
Figura 11 - Rastreio dos HV	44
Figura 12 - Rastreio de feição de fácil identificação	45
Figura 13 - Pontos das base e linhas base em relação com as estações da RBMC.	47
Figura 14 - Pontos base e pontos de apoio do levantamento.	48
Figura 15 - Fototriangulação inicial	50
Figura 16 - Medição dos pontos de apoio nas imagens	50
Figura 17 - Nuvem de pontos esparsa	51
Figura 18 - Nuvem de pontos densa	52
Figura 19 - Rede de triângulos	52
Figura 20 - Ortofoto	53
Figura 21 - Nuvem de pontos do MDS	54
Figura 22 - Nuvem de pontos representando o MDT	54
Figura 23 - Detalhe da textura da ortofoto.....	56
Figura 24 - Curvas de Nível.....	57
Figura 25 – Feições Vetorizadas.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas da bases de apoio GNSS	48
Tabela 2 - Coordenadas dos pontos de apoio	49
Tabela 3 - Coordenadas dos pontos de verificação	59
Tabela 4 - Discrepâncias das componentes	62
Tabela 5 - Resultados finais do controle de qualidade.....	62
Tabela 6 - Custos com mão de obra	63
Tabela 7 - Custos indiretos.....	64
Tabela 8 - Valores dos materiais.....	64
Tabela 9 - Despesas com tributação	65
Tabela 10 - Valores finais de custeio	65
Tabela 11 – Estimativa real de custeio.....	66

LISTA DE SIGLAS

AETSP	Associação das Empresas de Topografia do estado de São Paulo
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
CAD	Computer Aided Design ou Desenho assistido por Computador
CP	Centro Perspectivo
GIS	Geografic Information System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSD	Ground Sample Distance
HV	Pontos cuja coordenada é conhecida tanto no eixo xy (H), bem como no eixo z (V)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICOMOS	Conselho Internacional de Monumentos e Sítios
IGS	International GPS Service for Geodynamics
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
OE	Orientação Exterior
OI	Orientação Interior
PDM	Plano Diretor Municipal
POE	Parâmetros de Orientação Exterior
POI	Parâmetros de Orientação Interior

PPM	Parte por milhão
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RRNN	Referências de Nível
RTK	Real Time Kinematic
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	Sistema de Informação Geográfico
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TIN	Triangular Irregular Network
UTM	Universal Transversa de Mercator
VANT	Veículo Aéreo não tripulado
VFRGS	Viação Férrea do Rio Grande do Sul
WGS84	World Geodetic System 84

SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA	3
BANCA EXAMINADORA	4
AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE SIGLAS.....	10
SUMÁRIO	12
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.3 JUSTIFICATIVA.....	18
1.4 ÁREA DE ESTUDO	19
1.4.1 CONTEXO HISTÓRICO DE SANTO AMARO DO SUL.....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 ABORDAGEM GEODÉSICA.....	23
2.1.1 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO.....	23
2.1.2 POSICIONAMENTO GEODÉSICO POR SATÉLITES ARTIFICIAIS	25
2.1.3 AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES.....	26
2.2 ABORDAGEM FOTOGRAMETRICA	28
2.2.1 IMAGEM DIGITAL	29
2.2.2 ORIENTAÇÃO DA CÂMARA	30
2.2.3 FOTOTRIANGULAÇÃO.....	31
2.2.4 MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE.....	33

2.2.5	ORTOFOTO.....	34
2.2.6	CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS.....	36
3	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS.....	37
3.1	MATERIAIS.....	37
3.2	PROCEDIMENTOS.....	41
3.2.1	PROCEDIMENTOS EM CAMPO.....	42
3.2.2	PROCEDIMENTOS EM ESCRITÓRIO.....	46
4	RESULTADOS.....	56
4.1	PRODUTOS GERADOS.....	56
4.2	CONTROLE DE QUALIDADE.....	59
4.3	CUSTOS.....	63
5	CONCLUSÕES.....	67
5.1	DIFICULDADES PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO.....	67
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
5.3	RECOMENDAÇÕES.....	70
6	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE A – Ortofotomapa da Área de Interesse Histórico/Cultural de Santo Amaro do Sul/RS.....	74
	APÊNDICE B – Ortofotomapa da Praça Central de Santo Amaro do Sul - RS...76	
	APÊNDICE C – Mapa da Área de Interesse Histórico/Cultural de Santo Amaro do Sul – RS.....	78
	APÊNDICE D – Memorial descritivo do vértice de apoio GNSS.....	80
	APÊNDICE E – Relatório do ajustamento dos pontos de apoio (Bases).....	82
	APÊNDICE F – Relatório do ajustamento dos pontos de apoio.....	84
	APÊNDICE G – Relatório do ajustamento dos pontos de verificação (Bases) ..	89
	APÊNDICE H – Relatório do ajustamento dos pontos de verificação.....	91

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O patrimônio histórico constitui uma das principais riquezas de uma nação. Sua conservação é de suma importância para que esse legado seja passado para as futuras gerações. A sociedade se mantém ativa culturalmente, pois se preocupa em conservar a sua história. Assim, a preservação de acervos e monumentos históricos, ou seja, das heranças de outras épocas, contribui para a compreensão da identidade cultural da sociedade que o produziu.

De acordo com a Constituição Federal, o patrimônio cultural é constituído por bens materiais e imateriais que, individualmente ou em conjunto, se referem à identidade, à ação e à memória dos diferentes grupos que formaram a sociedade brasileira. Assim se incluem: as formas de expressão; os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. Ainda de acordo com a Constituição Federal é de responsabilidade do poder público, com a colaboração da comunidade, promover e proteger o patrimônio cultural brasileiro, utilizando-se de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, além de outras formas de acautelamento e preservação (BRASIL, 1988)

Nesse sentido, manter preservada uma edificação histórica é oferecer para a sociedade uma fonte valiosa de informações. Na concepção de Lynch (apud YANAGA, 2006, p.24), faz-se necessário comunicar ao público os conhecimentos históricos com a finalidade de educá-lo e entretê-lo. A transmissão dessa informação pode se dar através de palavras, documentos, textos e imagens, mas entrar em contato com a realidade cultural propicia “uma impressão bem mais profunda sobre a história”. Outro importante aspecto para a preservação do patrimônio é o turismo, que representa uma parte substancial na economia de muitas cidades.

Através do valor de saber preservar e enaltecer o patrimônio edificado, muitas cidades enriquecem com o turismo. A Europa é um dos exemplos mais conhecidos, onde a arquitetura histórica é o seu principal atrativo, e é por isso que toda e qualquer edificação identificada como “patrimônio” é respeitada e preservada (YANAGA, 2006).

Cabe ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) proteger e promover os bens culturais do Brasil, garantindo sua permanência e acesso às gerações presentes e futuras, trata-se de uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Cultura que é responsável pela preservação do patrimônio cultural brasileiro. A importância da documentação patrimonial é referida na carta internacional sobre conservação e restauração de monumentos e sítios (Carta de Veneza) que em seu artigo 16º refere que as intervenções envolvendo conservação, restauro e escavação serão “acompanhados pela elaboração de uma documentação precisa sob a forma de relatórios analíticos e críticos, ilustrados com desenhos e fotografias” e finaliza recomendando que essa documentação deve ser depositada em arquivos de um órgão público e posta à disposição de pesquisadores, além de publicada (ICOMOS - Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 1964).

Os administradores públicos, responsáveis pela gestão nas três esferas, enfrentam diversos problemas referentes à gestão, regulamentação e planejamento do espaço urbano. Segundo Yanaga (2006), as cidades representam o fenômeno mais significativo e mais desafiador para os profissionais do planejamento urbano que, para responderem constantemente às suas novas necessidades devem, além de acompanhar as grandes mudanças relacionadas à sua forma física, estar atentos em respeitar e perceber, até por uma questão ética, tipologias arquitetônicas de valor estético e histórico, que marcam uma época e que fazem parte da identidade da cidade. Assim, a estrutura organizacional desses espaços e o controle das áreas, administrando para o uso adequado, é de suma importância para a correta gestão e tomada de decisão dos gestores envolvidos, sendo fundamental que os gestores possuam subsídios para o planejamento administrativo desses locais.

A documentação do patrimônio histórico arquitetônico proporciona desde um planejamento de intervenções que tenham como objetivo a manutenção, mantendo as estruturas em bom estado de conservação a ações que visam a promoção turística da região. Sendo assim, concordando com as necessidades apontadas por D'ayala e

Smars (2003, p. 18 apud PALERMO E LEITE, 2013) referentes à produção de documentação do patrimônio histórico arquitetônico, salientam-se as seguintes atividades:

- Conservação, englobando uma análise da situação para projetos de intervenção;
- Monitoramento, com aquisição de dados e reconhecimento da situação;
- Avaliação de condições;
- Criação de portfólio;
- Publicações;
- Projetos de pesquisa.

Procedimentos que visam a preservação do patrimônio histórico/cultural, concordando com as atividades supracitadas, podem ser realizados com a aplicação de conhecimentos abordados no curso de Engenharia Cartográfica, entre eles a Fotogrametria. Fotogrametria, segundo a Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto é definida como: “Fotogrametria e Sensoriamento Remoto é a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis a partir de sistemas de imageamento ou outros sensores, sobre a Terra e seu meio ambiente, e outros objetos físicos, e processos por meio da gravação, medição, análise e representação” (ISPRS, 2016)

De acordo com Tommaselli (2004), algumas vantagens podem ser apontadas quando se compara a Fotogrametria com os processos de medição no terreno: rápida aquisição dos dados, o objeto a ser medido não é tocado, as imagens são documentos legais referentes à época da aquisição, podem ser medidos movimentos e deformações, a precisão pode ser aumentada de acordo com as necessidades de cada projeto e as fotografias podem ser medidas a qualquer momento que se desejar, podendo se repetir a medida várias vezes.

Propõe-se neste trabalho a utilização de técnicas de Fotogrametria com fotos verticais juntamente com técnicas de Geodésia e Cartografia, com o intuito de gerar produtos que sirvam de base para o planejamento das atividades de conservação e documentação supracitadas. Assim foram executados dois tipos de levantamento neste projeto, que estão apresentados a seguir:

1. Levantamento geodésico visando orientar os produtos gerados, ou seja, as coordenadas desses produtos devem estar associadas ao sistema geodésico brasileiro.
2. Levantamento fotogramétrico com fotos verticais com a utilização de um sistema de aeronave remotamente pilotado (RPAS - *Remotely Piloted Aircraft System*) também chamado de veículo aéreo não tripulado (VANT), propiciando a produção de dados planialtimétricos da área de estudo.

Assim, o trabalho mostra que foi possível gerar produtos no formato vetorial e raster, contendo informações de planimetria e altimetria da região em estudo, com acurácia horizontal de 19 e vertical 22 centímetros.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é a produção de base cartográfica para área de interesse histórico/cultural do distrito de Santo Amaro do Sul, localizado no município de General Câmara/RS utilizando imagens obtidas por meio de aeronave remotamente pilotada e técnicas adicionais de apoio de campo. Para tanto, é necessário que sejam atendidos os seguintes objetivos específicos.

- Localização e/ou materialização e medição de apoio geodésico no local;
- Aquisição de fotografias verticais da área de interesse com o uso de VANT.
- Fototriangulação das fotografias adquiridas;
- Geração de modelo digital de superfície e de terreno;
- Elaboração de true-ortofotomosaico;
- Produção de dados vetoriais (edificações, logradouros e limite da área de estudo);
- Avaliação da qualidade dos produtos finais gerados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os métodos utilizados neste trabalho para a aquisição de dados e geração de produtos cartográficos fornecem informações a respeito da situação do patrimônio histórico e seu entorno, sendo utilizados para atualizar a documentação já existente sobre a região em estudo. Assim, os produtos geram um registro da região na época do levantamento e podem servir como ferramenta para o planejamento de medidas de intervenção para a preservação, consolidando a herança cultural do local.

Além disso, as atividades beneficiam órgãos integrantes da gestão municipal, auxiliando no planejamento de obras de construção ou manutenção dos equipamentos públicos. O artigo 177 do Plano Diretor do município de General Câmara estabelece que:

as intervenções físicas a se executar nas áreas consideradas patrimônio histórico e cultural por este município necessitam de prévia aprovação da Gerência de Urbanismo Municipal pertencente à Secretaria Municipal de Planejamento (PDM General Câmara, 2007).

Ainda, de acordo com o plano diretor, em seu artigo 178 estas intervenções estão sujeitas a aprovação do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

Assim, o trabalho consiste na produção de base cartográfica em região de interesse histórico, com a geração de produtos que fornecem informações com geometria confiável da área de interesse. Por fim, os levantamentos executados se encaixam na demanda atual da cartografia brasileira, produzindo dados úteis para a administração pública municipal além de contribuir para a documentação de área de interesse histórico/cultural da Vila de Santo Amaro do Sul junto ao IPHAN.

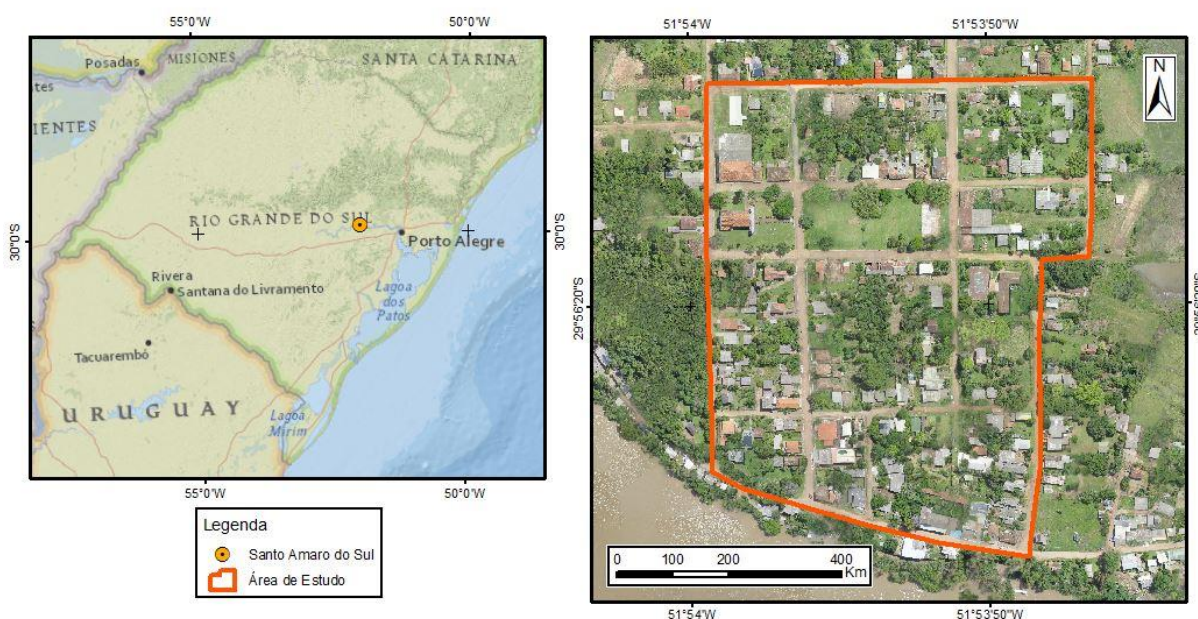
1.4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no segundo distrito do Município de General Câmara/RS e é constituída pela área de interesse histórico/cultural da Vila de Santo Amaro do Sul. Distante 95 km da capital Porto Alegre, a localidade situa-se às margens do rio Jacuí. A vila, de colonização açoriana, é conhecida pela beleza arquitetônica das edificações construídas que permanecem quase intactas até os dias atuais. Em 1998, o conjunto histórico da cidade, que é constituído pela praça e mais 14 prédios, foi tombado pelo IPHAN.

Destacando-se pela arquitetura colonial portuguesa, a vila é um dos mais importantes conjuntos urbanos de origem açoriana do estado do Rio Grande do Sul. Em 1970, muitas paisagens de Santo Amaro do Sul foram utilizadas para ambientar o filme *Um Certo Capitão Rodrigo* que, dirigido por Anselmo Duarte e baseado na trilogia *O tempo e o Vento* do escritor Érico Veríssimo, remonta o passado histórico do Rio Grande do Sul unindo ficção e história.

De acordo com o PDM do município de General Câmara, a Macrozona de Preservação Histórico Cultural é aquela que possui especial interesse histórico/cultural, sendo um grande potencial turístico municipal. Situa-se na Vila de Santo Amaro do Sul, na área tutelada pelo IPHAN, com área de entorno, percorrendo o sentido horário, definido pelo perímetro formado pela Rua Bento Gonçalves (do trecho entre a Rua Demétrio Ribeiro e a Rua Borges de Medeiros), pela Rua Borges de Medeiros (do trecho entre a Rua Bento Gonçalves e a Rua Ernesto Alves), pela Rua 20 de Setembro (do trecho entre a Rua Ernesto Alves e a Rua Venâncio Aires), pela Rua Venâncio Aires (do trecho entre a Rua 20 de Setembro e a Rua Demétrio Ribeiro) e pela Rua Demétrio Ribeiro (do trecho entre a Rua Venâncio Aires e a Rua Bento Gonçalves), concluindo assim a descrição do perímetro. A localização de Santo Amaro do Sul e o perímetro da área de estudo estão representados da Figura 1.

Figura 1 - Mapa de Localização



Fonte: Os autores (2017)

1.4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DE SANTO AMARO DO SUL

O povoado de Santo Amaro do Sul foi um dos precursores da colonização açoriana no Estado. Em meados do século XVIII, a localidade estava situada na fronteira das terras pertencentes aos impérios de Portugal e Espanha. A fundação da vila se deu em 1752, no armazém construído em 1750 pelo general Gomes Freitas de Andradas para abastecer os portugueses que seguiam em direção às missões. Nessa época, portugueses e espanhóis disputavam o território sul-americano (IPHAN, 2016)

No ano de 1753, registra-se a chegada dos primeiros sesmeiros e, em 1770, ocorre a formação, pelos açorianos que se situavam na margem esquerda do rio, da Forqueta de Santo Amaro. Como se tratava de um local considerado estratégico e que acomodava depósitos de armamento e munição, foi definido para a construção do Forte de Santo Amaro. Na segunda metade do século XVIII, chegaram à região imigrantes oriundos de Portugal e de outras partes do Brasil (IPHAN, 2016).

O povoado cresceu e recebeu muitos imigrantes vindos do Arquipélago dos Açores. Essa ocupação, que foi incentivada por Portugal, tinha como principal objetivo a demarcação das fronteiras, concordando com o que foi determinado pelo Tratado

de Madrid, firmado entre portugueses e espanhóis. Em 1773, Santo Amaro foi elevada à vila e esteve juridicamente ligada aos municípios de Rio Pardo, Triunfo e Taquari. Posteriormente, em 1849, a vila passou à categoria de cidade e, em 1881, à sede municipal de General Câmara (IPHAN, 2016).

Em 1883, a Estrada de Ferro Porto Alegre-Uruguaiana foi aberta sendo uma empresa federal, ligando Santo Amaro a Cachoeira do Sul. Antes da construção da ferrovia, as viagens entre Porto Alegre e Santo Amaro eram feitas por meio de embarcações navegando pelo rio Jacuí. Quinze anos depois, em 1898, a Estrada de Ferro foi encampada pela empresa belga denominada *Compagnie Auxiliaire* e, em 1905, passou a ser a linha-tronco da Viação Férrea do Rio Grande do Sul (VFRGS). Em 1907, os trilhos foram até a fronteira com a Argentina, na cidade de Uruguaiana (IPHAN, 2016).

Ainda de acordo com o IPHAN, com a instalação do Arsenal de Guerra do exército Brasileiro, no ano de 1939, a sede do município se consolidou na margem do rio Taquari, denominada General Câmara. O nome faz referência ao General José Antônio Correa da Câmara que foi o primeiro governador do Rio Grande do Sul, após a Proclamação da República.

Santo Amaro do Sul, além do patrimônio edificado, possui um patrimônio imaterial bastante valorizado pela comunidade, que passa ao largo do conhecimento do IPHAN. Esse patrimônio é representado pelas festas locais, cujos principais exemplos dessas festividades são a Festa do Divino Espírito Santo e Santo Amaro e a Festa dos Navegantes (SOARES & DIAS, 2011).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos. O primeiro capítulo engloba as considerações iniciais, abordando o contexto do trabalho, a importância da área de estudo e seu contexto histórico.

O segundo capítulo apresenta os principais conhecimentos teóricos e práticos utilizados para a realização do trabalho, abordando conceitos na área da Geodésia e da Fotogrametria.

O Capítulo 3 aborda os materiais, utilizados em campo e em escritório, e as técnicas adotadas durante a realização do trabalho para a geração dos produtos finais. São detalhadas as etapas de coleta e processamento dos dados GNSS e das imagens digitais adquiridas.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados, apontando os produtos gerados, o controle de qualidade dos dados e uma análise de custos referentes ao levantamento de campo e processamento dos dados.

O Capítulo 5 refere-se às conclusões, dividido em considerações finais e recomendações. O capítulo aborda os objetivos alcançados pelo trabalho além de sugestões para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ABORDAGEM GEODÉSICA

De acordo com Gemael (1999), Geodésia é a ciência que estuda a forma, as dimensões e as forças gravitacionais da terra, além de suas variações temporais. Estudos nesse sentido englobam estações e instrumentos de monitoramento terrestre e também missões espaciais.

Definida pelos métodos clássicos de medição a Geodésia Geométrica baseia-se nos trabalhos com a obtenção de ângulos e distâncias sobre a superfície terrestre. Envolvendo estudos sobre o campo de gravidade e suas influências geodésicas a Geodésia Física estuda modelos com a finalidade de determinar a melhor figura para a representação da superfície terrestre. A Geodésia Celeste engloba o posicionamento através de observações de satélites e tem grande influência nos trabalhos cartográficos atuais, principalmente a partir do desenvolvimento de metodologias GNSS.

2.1.1 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o desenvolvimento do Sistema Geodésico Brasileiro (SBG), pode ser dividido em duas fases distintas: uma anterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais com a finalidade de posicionamento e outra posterior ao mesmo. O SGB é composto pelas redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica.

A materialização das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) ocorre através das estações de monitoramento contínuo. Os receptores da rede possuem, em sua maioria, capacidade de rastrear satélites GPS e GLONASS. As estações estão instaladas em vários locais do país e fazem rastreamento contínuo, 24 horas por dia, sendo que seus arquivos de rastreamento podem ser acessados pelo público, sendo fornecidos pelo IBGE em seu endereço eletrônico.

As coordenadas das estações da RBMC são outro componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Nesse aspecto, a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de ± 5 mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outro papel importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do IGS (International GPS Service for Geodynamics), garantindo uma melhor precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território (IBGE, 2016).

O sistema altimétrico do Brasil é referenciado à superfície equipotencial não perturbada dos mares. O Datum altimétrico que abrange grande parte do território brasileiro está localizado em Imbituba – SC e as atividades de densificação são realizadas pela monumentação de Referências de Nível (RRNN) utilizando-se somente nivelamento geométrico ou, também, nivelamento geométrico somado ao levantamento gravimétrico (IBGE, 2016).

A altitude obtida por meio da Rede Altimétrica descrita acima é denominada altitude ortométrica e difere da altitude geométrica, que é determinada através de observações por meio do GNSS, e cuja referência é a superfície elipsoidal, ou seja, a superfície geométrica matematicamente definida que representa a forma da Terra.

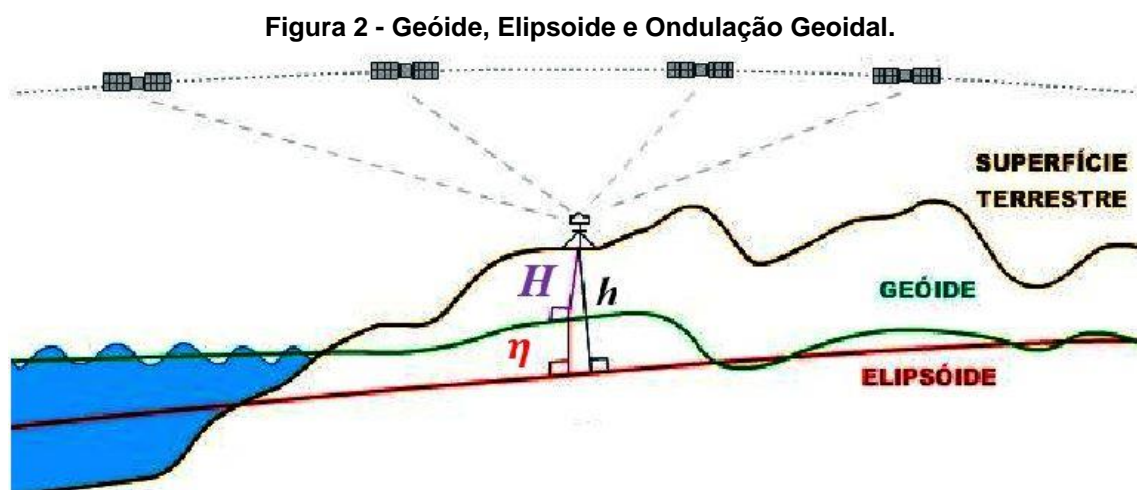
Para converter a altitude elipsoidal (h), obtida através de rastreios GNSS, em altitude ortométrica (H), utiliza-se a Equação 1. A Figura 2 apresenta a visualização do problema de conversão de altitudes.

$$H = h - \eta \quad (1)$$

Onde: H é a altitude ortométrica;

h é a altitude geométrica, medida pelo rastreio GNSS;

η é a ondulação geoidal.



Fonte: Adaptado de IBGE (2016)

2.1.2 POSICIONAMENTO GEODÉSICO POR SATÉLITES ARTIFICIAIS

O termo GNSS refere-se ao Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System*) e compreende as tecnologias de posicionamento global, inclusive o NAVSTAR-GPS (*Navigation Satellite with Time and Ranging*). Comumente conhecido apenas como GPS (*Global Positioning System*), o sistema que foi desenvolvido pelos EUA, é um dos sistemas de posicionamento por satélite operacionais na atualidade. Existem ainda os sistemas GLONASS, Galileo e Beidou/Compass (MONICO, 2008).

O princípio básico do posicionamento pelo GNSS consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. Apenas três distâncias não pertencentes ao mesmo plano, seriam suficientes, para o cálculo, sendo que a quarta medida é necessária devido ao não sincronismo entre os relógios dos satélites e do usuário. (MONICO, 2008).

Atualmente, cada satélite GNSS transmite duas ondas portadoras simultaneamente: L1 e L2. Essas duas frequências permitem aos usuários corrigir grande parte dos efeitos provocados pela ionosfera. Existem diferentes receptores GNSS categorizados, principalmente em função da precisão alcançada, em

geodésicos, topográficos e de navegação. Os receptores geodésicos são capazes de captar as duas frequências emitidas pelos satélites (L1 e L2) e, dessa forma, minimizar os erros de posicionamento (MONICO 2008).

Pode-se classificar o posicionamento com GNSS em absoluto e relativo. O posicionamento absoluto consiste em que as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro. O posicionamento relativo ocorre quando as coordenadas são determinadas com relação a um referencial conhecido. No posicionamento relativo, a posição de um ponto é determinada com relação a de outros pontos, cujas coordenadas são conhecidas. As coordenadas dos pontos conhecidos devem estar referenciadas ao WGS84, ou em um sistema compatível com esse como o SIRGAS2000. Assim os elementos que compõem a linha de ligação entre a estação de referência à estação de interesse, são estimados e, ao serem acrescidos às coordenadas da estação-base ou de referência, resultam nas coordenadas do ponto de interesse (MONICO, 2008).

Segundo Monico (2008) o posicionamento relativo pode ser classificado como cinemático, semicinemático, estático e estático rápido. No presente trabalho destacam-se os métodos estáticos. Nesse tipo de posicionamento, dois ou mais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites disponíveis por um período de tempo que pode variar de dezenas de minutos (20 minutos no mínimo) até algumas horas. Quando os períodos de ocupação são de até 20 minutos, são considerados como posicionamento estático rápido. O posicionamento relativo estático permite obter precisão da ordem de 1,0 a 0,1 ppm, ou mesmo melhor do que isso. Em casos em que as linhas-base envolvidas forem longas (maiores que 15 Km) e a precisão requerida for melhor que 1 ppm, é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência (L1 e L2).

2.1.3 AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES

Em decorrência da natureza experimental do processo de medidas, as observações possuem erros dos mais diversos tipos, fazendo-se necessária a

redundância e resultando em uma inconsistência do sistema de equações que se pretende estudar (GEMAEL, 1994).

Com a finalidade de solucionar estes sistemas redundantes necessita-se de um ajustamento dos dados originais. De acordo com Dalmolin (2002):

O ajustamento é um ramo da matemática aplicada. Tem por objetivo a solução única para problemas onde o número de observações é superabundante e o sistema de equações lineares é inconsistente. Objetiva ainda a estimativa da qualidade da solução (DALMOLIN, 2002).

As flutuações probabilísticas das observações acarretam na inconsistência do sistema de equações, fazendo com que um determinado subconjunto de dados propicie valores diferentes de um outro subconjunto (CAMARGO, 2000). No presente trabalho o ajustamento participa da etapa de controle de qualidade dos dados levantados em campo utilizando os dados oriundos do GNSS para estimar a exatidão posicional destes dados. Além disso o ajustamento de observações entra no processo de fototriangulação por feixes perspectivos, valendo-se do modelo matemático do Método dos Mínimos Quadrados.

Para Gemael (2015), existem basicamente três métodos de ajustamento utilizados, sendo abaixo descritos:

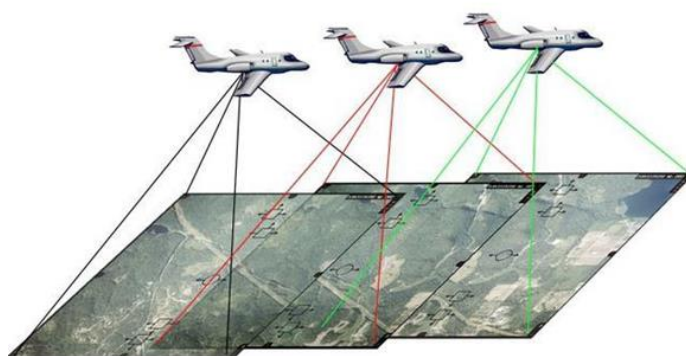
- Método dos Correlatos – $F(L_a) = 0$. Os parâmetros não participam do ajustamento, apenas as observações. Pode ser utilizado para o cálculo de trilateração topográfica, transformação de coordenadas, etc.
- Método Paramétrico – $F(X_a) = L_a$. Utilizado para estimar a qualidade de redes de nivelamento, controle de erros em poligonais, ajustamento de redes geodésicas, controle de erros nos dados obtidos por rastreamento GNSS, fototriangulação por feixe de raios, calibração de câmaras, deformação do filme (orientação interior), etc.
- Método Combinado – $F(L_a, X_a) = 0$. Em síntese é uma combinação dos métodos anteriores. Utiliza-se esse método em todos os problemas anteriores e outros que podem ser solucionados pelo método dos correlatos e paramétrico.

2.2 ABORDAGEM FOTOGRAMETRICA

Pode-se dizer que Fotogrametria se refere ao processo de realizar medições através de fotografias. Para exemplificar as abordagens conceituais destacam-se as definições de acordo com alguns autores.

Jensen (2011) trata a Fotogrametria como a arte e ciência de realizar medições precisas por meio de fotografia aérea. Diversos conceitos podem ser abordados na Fotogrametria além de cálculos que envolvem desde as etapas de planejamento, plano de recobrimento com a tomada das fotografias (Figura 3), a orientação das imagens obtidas e também a geração de modelos.

Figura 3 - Recobrimento Fotogramétrico



Fonte: Letecká Fotogrametria (2016)

Embora originalmente a Fotogrametria se ocupasse de analisar fotografias, uma abordagem mais atual engloba também dados provenientes de sensores remotos. Essa definição inclui duas áreas distintas, uma mais restrita no sentido métrico tratando dos métodos de obtenção de dados quantitativos como coordenadas e áreas, e outra voltada para a fotorinterpretação, que consiste em obter dados qualitativos a partir da análise de imagens (TOMMASELLI, 2012).

Nesse sentido Andrade (1998), define Fotogrametria como ciência de obter informações confiáveis através de processos de registro, interpretação e mensuração de imagens. Assim, a Fotogrametria encontra o seu maior campo de aplicação na

confeção de mapas em colaboração com outras ciências como a Geodésia e a Cartografia.

Por fim, apesar das aplicações mais conhecidas da Fotogrametria estarem relacionadas com mapeamento, pode-se listar várias aplicações não cartográficas como na arqueologia, na geologia, no mapeamento de planetas, na medicina e indústria, entre outros. Assim, a Associação Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* – ASPRS) define o termo Fotogrametria como a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis a partir de sistemas de imageamento ou outros sensores, sobre a Terra e seu meio ambiente, e outros objetos físicos, e processos por meio da gravação, medição, análise e representação.

2.2.1 IMAGEM DIGITAL

O avanço da capacidade de processamento, juntamente com a evolução dos computadores e *softwares*, possibilitou que a Fotogrametria passasse para a era digital, evoluindo para uma nova escala de processamento. Assim, o número de processos que dependem do operador diminuiu, e muitas etapas passaram a ser realizadas automaticamente por programas computacionais.

A Fotogrametria Digital, segundo Schenk (1999) ao invés de fotografias reveladas, lida com imagens digitais. A evolução dos computadores (*hardware* e *software*) tornou possível solucionar os problemas causados pela digitalização das imagens como a armazenagem em disco rígido e manipulação de imagens de grande tamanho. Na Fotogrametria Digital as fotografias são obtidas por câmera digital ou podem ser convertidas em arquivo digital através de scanner e são armazenadas em meio digital no formato matricial onde cada elemento da matriz é chamado de pixel. O processamento ocorre em estação fotogramétrica que é formada por computador, display (monitor), armazenamento (disco rígido) e interface com o usuário (*software*). Os resultados podem ser armazenados em meio digital ou impresso.

2.2.2 ORIENTAÇÃO DA CÂMARA

A fim de possibilitar a obtenção de medidas precisas da área recoberta pelo levantamento fotogramétrico faz-se necessária a orientação das imagens para a obtenção dos parâmetros com o objetivo de determinar a geometria em que foram tomadas as fotografias. Para isso, realizam-se duas orientações de imagem: a Orientação Interior (OI) e a Orientação Exterior (OE)

2.2.2.1 ORIENTAÇÃO INTERIOR

Por orientação interior (OI) entende-se a recuperação da posição da fotografia em relação a câmara. Ou seja, a orientação permite a reconstrução do feixe perspectivo interno que gerou as fotografias (ANDRADE,1998). Tal procedimento também pode ser denominado como orientação interna.

Na OI, para uma câmara digital, as coordenadas em *pixel* da imagem são transformadas para o sistema fiducial do espaço-imagem. Em se tratando de câmaras analógicas, essa transformação é aplicada para corrigir a deformação do filme devido a fatores como a temperatura. Com a utilização de câmara digital os parâmetros dessa transformação já são conhecidos, pois o conjunto sensor é considerado rígido, e não possui deformações. Depois da obtenção das coordenadas no sistema fiducial, essas coordenadas são transformadas para o sistema fotogramétrico com translações nos eixos x, y e z. O deslocamento do ponto principal corresponde às translações em x e y, e a definição do centro perspectivo (CP) do conjunto de lentes corresponde a translação em z. Após a realização desta etapa faz-se o procedimento de correção dos efeitos sistemáticos de formação da fotografia.

2.2.2.2 ORIENTAÇÃO EXTERIOR

O procedimento de Orientação Exterior (OE) permite a recuperação da posição e altitude de cada imagem, segundo um referencial, geralmente aquele no qual se vai realizar o trabalho. Assim, são determinados seis parâmetros para cada estação de tomada de imagem: três translações do CP (X_{cp} , Y_{cp} e Z_{cp}) e três rotações, representados pelas letras gregas ω (ômega), ϕ (phi) e κ (kappa) (ANDRADE, 1998).

A OE pode ser determinada indiretamente por meio de um conjunto de fotos (bloco ou modelo) ou pelo processo de resseção espacial onde cada foto é considerada isoladamente. O modelo matemático de colinearidade é utilizado para a orientação exterior, relacionando o ponto medido na imagem com o ponto que se encontra no espaço-objeto.

Para realizar a OE faz-se necessária a aquisição de pontos de apoio no sistema de coordenadas do objeto. Os mesmos devem ser visíveis nas imagens, possibilitando que as coordenadas sejam obtidas no sistema fotogramétrico. Atualmente as plataformas possuem sistema inercial composto de um giroscópio e um acelerômetro e um receptor GNSS, o que possibilita que as fotos sejam orientadas em relação ao espaço objeto sem a necessidade de pontos de apoio. No caso da qualidade dos parâmetros de orientação exterior advindos do sistema inercial ser centimétrica, a necessidade de pontos de apoio é eliminada. Se esses parâmetros forem de baixa qualidade, como quando as translações do CP são determinadas por meio de receptores GNSS de navegação, podem ser utilizados como parâmetros iniciais das fotografias no processo de fototriangulação.

2.2.3 FOTOTRIANGULAÇÃO

Fototriangulação é o método fotogramétrico para determinação eficiente de coordenadas precisas de pontos no espaço objeto através da relação geométrica de fotografias adjacentes devidamente tomadas, necessitando de um esparso controle

de campo e com um conjunto de valores aproximados de parâmetros (LUGNANI, 1987).

Nesse processo são utilizados os pontos de apoio, geralmente referenciados a um sistema de coordenadas padronizado e compatível com outras fontes de dados, e os pontos de ligação. Os pontos de ligação devem estar localizados na região de sobreposição entre as imagens. Quando se trata de um bloco de fotografias, os pontos de apoio devem estar dispostos nas extremidades do bloco e nas junções das faixas. A quantidade de pontos de apoio pode variar a cada três a cinco bases, entendendo-se base como a distância média entre os centros perspectivos de duas imagens consecutivas em uma mesma faixa de aquisição (ANDRADE, 1998).

De acordo com Brito e Coelho Filho (2007), o Método dos Modelos Independentes ou o Método de Ajustamento por Feixes de Rios, são os métodos pelos quais a fototriangulação pode ser realizada.

O método de ajustamento por feixes perspectivos, conhecido também como *bundle block adjustment*, que de acordo com Coelho (2015) é utilizado como princípio fotogramétrico no *software Photoscan*. Neste método os parâmetros de orientação externa para todas as imagens, associados às coordenadas no espaço objeto obtidas com uma série de pontos medidos sobre as imagens e um número reduzido de pontos medidos em campo, são obtidos em um só ajustamento. Esta operação, quando realizada em apenas uma imagem recebe a denominação de resseção fotogramétrica. É um método, portanto, que densifica os pontos de apoio.

A fototriangulação por feixes de raios recebe coordenadas de pontos nas imagens pressupostos como básicos no problema (LUGNANI, 1987). O processo se vale do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) para minimizar a função que quantifica os resíduos do ajustamento. Assim cada raio ajustado que se origina no espaço objeto, passa o mais próximo possível de seu homólogo no espaço imagem e do centro perspectivo da imagem. Essa condição de colinearidade é expressa pelas Equações 2 e 3.

$$x = -c \cdot \frac{[r_{11} \times (X - X_{CP}) + r_{12} \times (Y - Y_{CP}) + r_{13} \times (Z - Z_{CP})]}{[r_{31} \times (X - X_{CP}) + r_{32} \times (Y - Y_{CP}) + r_{33} \times (Z - Z_{CP})]} \quad (2)$$

$$y = -c \cdot \frac{[r_{21} \times (X - X_{CP}) + r_{22} \times (Y - Y_{CP}) + r_{23} \times (Z - Z_{CP})]}{[r_{31} \times (X - X_{CP}) + r_{32} \times (Y - Y_{CP}) + r_{33} \times (Z - Z_{CP})]} \quad (3)$$

Onde:

$$x = x' - x_0$$

$$y = y' - y_0$$

x' e y' são as fotocoordenadas medidas no sistema fiducial;

x_0 e y_0 correspondem ao deslocamento do ponto principal;

x e y representam as fotocoordenadas no sistema fotogramétrico;

X, Y, Z são coordenadas de um ponto no sistema fotogramétrico;

X_{CP}, Y_{CP}, Z_{CP} são coordenadas dos centros perspectivos no sistema de coordenadas geodésico.

2.2.4 MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE

Em relação a Modelos Digitais de Superfície, Coelho e Brito (2007) entendem MDS por qualquer representação numérica para uma determinada superfície física a ser representada. Assim, um MDS (Figura 4) pode expressar os mais variados atributos além da altitude, como: temperatura, pressão e declividade. Ao representar altitudes o MDS passa a se chamar MNE ou MDE, englobando, além do terreno, feições como edificações e vegetação.

Figura 4 - Modelo Digital de Superfície

Fonte: Os autores (2017)

De acordo com Andrade (1998), modelar um terreno significa reproduzir a sua forma. Quando esta reprodução for feita por meios digitais, diz-se que se fez um modelo digital de terreno (MDT). O termo MDT é utilizado apenas quando se quer designar a superfície física do terreno, descartando outras feições como as edificações ou a vegetação.

A aquisição de coordenadas dos pontos de que compõem um MDT, segundo Gonçalves (apud COELHO, 2015), podem ser realizadas por vários métodos como levantamento topográfico, digitalização de curvas de nível de cartas, por GNSS ou através de estereorestituição.

No presente trabalho utilizou-se a representação em grades irregulares, que pode ser obtida pela TIN (*Triangular Irregular Network*) ou rede triangular. De acordo com Burrough (1998), grades regulares são mais adequadas para a representação de superfícies com variações suaves do relevo, sendo a grade irregular mais adequada em áreas com relevo mais acidentado.

2.2.5 ORTOFOTO

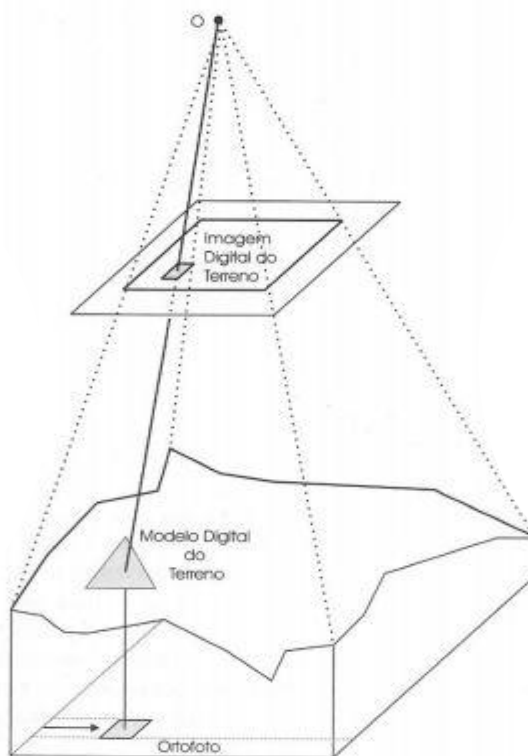
O processo de ortorretificação de imagens, segundo Coelho (2015), consiste em corrigir as distorções ocasionadas pelos deslocamentos devido ao relevo,

deslocamentos devido aos ângulos de rotação do sensor no momento da tomada fotográfica e os deslocamentos devido à projeção perspectiva. As ortofotos são fotografias que tiveram os raios definidores das posições dos píxeis transformados da projeção cônica para a ortogonal. A partir de um algoritmo que combina dados da orientação exterior das imagens e o MDS, que contém a informação da altimetria de cada pixel, a transformação é realizada, obtendo-se como resultado uma nova imagem em projeção ortográfica.

De acordo com Jensen (2009) as ortofotos podem ser classificadas em tradicionais ou verdadeiras. As ortofotos tradicionais não apresentam projeção ortográfica em elementos com elevação acima do solo, utilizando-se o modelo digital de terreno como base para sua geração, sendo desconsiderados edificações ou feições naturais que cobrem o solo. Por outro lado, as ortofotos verdadeiras (true-ortofotos) apresentam a projeção ortográfica em toda a área mapeada, pois utiliza o MDS, considerando o solo e todos os elementos sobre o solo.

Denomina-se ortofotocarta, a ortofototo que possui uma projeção cartográfica juntamente com a representação das principais feições definidoras da área objeto de um levantamento, podendo ser utilizada como um mapa. Nesse sentido, as ortofotos, estando no formato analógico ou digital, são úteis em vários aspectos, podendo servir como base em estudos de projetos de engenharia, apresentando, além da informação planimétrica (e altimétrica quando associada a curvas de nível), as características de uso e cobertura do solo da área de estudo (PALERMO; LEITE, 2013). O processo de geração de uma ortofotografia está representado na Figura 5.

Figura 5 - Geração de ortofoto



Fonte: Adaptado de Andrade (1998).

2.2.6 CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS

O método de calibração de câmaras, ou seja, para determinação dos parâmetros internos da câmara (constante da câmara, coordenadas do ponto principal e os coeficientes de correção de erros sistemáticos, que no presente trabalho dizem respeito à distorção radial simétrica, distorção descentrada e não ortogonalidade ou afinidade), utilizando imagens convergentes pode-se dizer que as condições mínimas para se calibrar uma câmara são a tomada de pelo menos três imagens, duas convergentes entre si de 90° e uma terceira rotacionada em torno do eixo Z de 90° . Tal exigência se faz necessária com vistas a separação dos coeficientes da distorção radial simétrica daqueles da distorção descentrada. O método exige ainda, a fixação de um referencial no espaço objeto, o que pode ser obtido através de injunções de posição durante o processo de ajustamento (detalhes em ANDRADE, 1998).

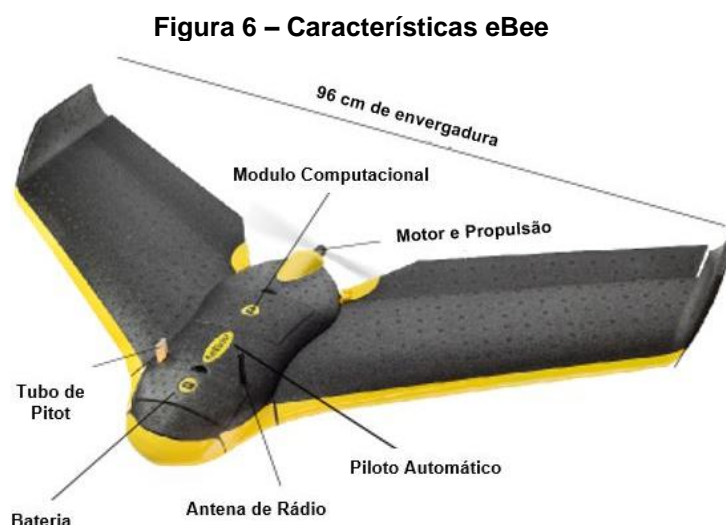
3 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

3.1 MATERIAIS

Os principais materiais utilizados para a aquisição dos dados em campo e para o processamento em escritório englobam os equipamentos para levantamento geodésico (receptores GNSS), equipamento para aquisição das imagens (plataforma RPAS ou VANT) e programas computacionais (*Topcon Tools*, *Photoscan*, *CloudCompare* e *ArcMap*), os mesmos estão detalhados a seguir. Além destes matérias foram também utilizados materiais diversos como: alvos confeccionados em tecido, piquetes, pregos, marreta, facão, prancheta e rádios comunicadores.

- PLATAFORMA VANT

Para as aquisições das fotografias utilizou-se o VANT *eBee* (Figura 6) produzido pela empresa *SenseFly*, que permite realizar a tomada das fotografias de forma rápida e segura. O equipamento é dotado de um sistema que executa a cobertura fotogramétrica, com decolagem e aterrissagem de forma autônoma, garantindo assim uma operação segura.



Fonte: Os autores (2017)

No planejamento e acompanhamento da tomada das imagens utiliza-se o *software eMotion2* que permite a configuração prévia do plano de cobertura de tomadas das fotografias e acompanhamento em tempo real do aparelho através do link de rádio. Além disso, seu sistema inercial e GNSS tornam a orientação e posicionamento das fotos mais rápido.

Quanto às especificações técnicas destacam-se as seguintes (SANTIAGO & CINTRA, 2016):

- Envergadura: 96 cm;
- Velocidade de cruzeiro: 36 a 57 Km/h (10 a 16 m/s);
- Resistência a ventos de até 45 Km/h (12 m/s);
- Peso: 0,63 kg;
- Raio de alcance: 3 km;
- Sensores de altura e de reverso para pousos lineares;
- Câmara RGB ou NIR de 16 MP (Canon IXUS 110HS).

A câmara que acompanha o equipamento e foi utilizada no presente trabalho é uma Canon PowerShot ELPH 110 HS. O equipamento possui uma focal nominal de 4,37 mm, tamanho do pixel no sensor de 1,339 μm , tamanho do quadro de 6,172 x 4,629 mm e resolução de 4608 x 3456 pixel.

Convém ressaltar que no presente trabalho os termos RPAS e VANT são utilizados para designar o mesmo aparelho. A Organização da Aviação Civil Internacional recomenda, com a finalidade de padronização, o uso do termo RPAS, maiores informações em: <https://www.decea.gov.br/drone/>.

• RECEPTOR GNSS

Para o rastreamento GNSS, utilizou-se o receptor GNSS *Hiper Lite* de dupla frequência ilustrado na Figura 7, empregado para implementação da rede de apoio para o levantamento cujas principais características estão descritas a seguir:

- Receptor Hiper L1/L2 integrado;

- Precisão horizontal de 3 mm + 0,5 PPM;
- Precisão vertical de 5 mm + 0,5 PPM;
- Estrutura de alumínio à prova d'água;
- Bateria interna com autonomia de mais de 16 horas de trabalho contínuo.

Figura 7 - Receptor GNSS L1/L2 RTK.



Fonte: Os autores (2017)

• PHOTOSCAN

No processamento das imagens e na obtenção de suas respectivas orientações utilizou-se o *software Agisoft Photoscan Professional*, que permite a produção de modelos digitais de elevação (MDE) detalhados e/ou modelos poligonais texturizados, além de ortofotomosaicos e curvas de nível.

As principais funcionalidades do *software* são:

- Aerotriangulação automática;
- Calibração de câmara;
- Geração de modelagem poligonal com ou sem texturização;
- Configuração do sistema de coordenadas e DATUM;
- Geração de MDE;
- Geração de ortofotomosaico.

- **TOPCON TOOLS**

O *software* de processamento de dados GNSS *Topcon Tools* permite o tratamento e o processamento dos dados GPS/GLONASS estáticos e cinemáticos, análise numérica dos dados, ajustamento de redes, geração de relatórios e exportação dos dados para vários formatos de arquivos de GIS e CAD.

- **CLOUD COMPARE**

Trata-se de um recurso computacional dedicado inicialmente ao trabalho com nuvens de pontos, originalmente concebido para realizar a comparação entre duas nuvens de ponto ou entre uma nuvem de pontos e uma malha triangular. Nas últimas versões o *software* passou a realizar um processamento de nuvens de pontos mais genérico, incluindo registro, reamostragem, manipulação de campos de cor, computação estatística, gerenciamento de sensores, segmentação interativa ou automática entre outros (Cloud Compare, 2016).

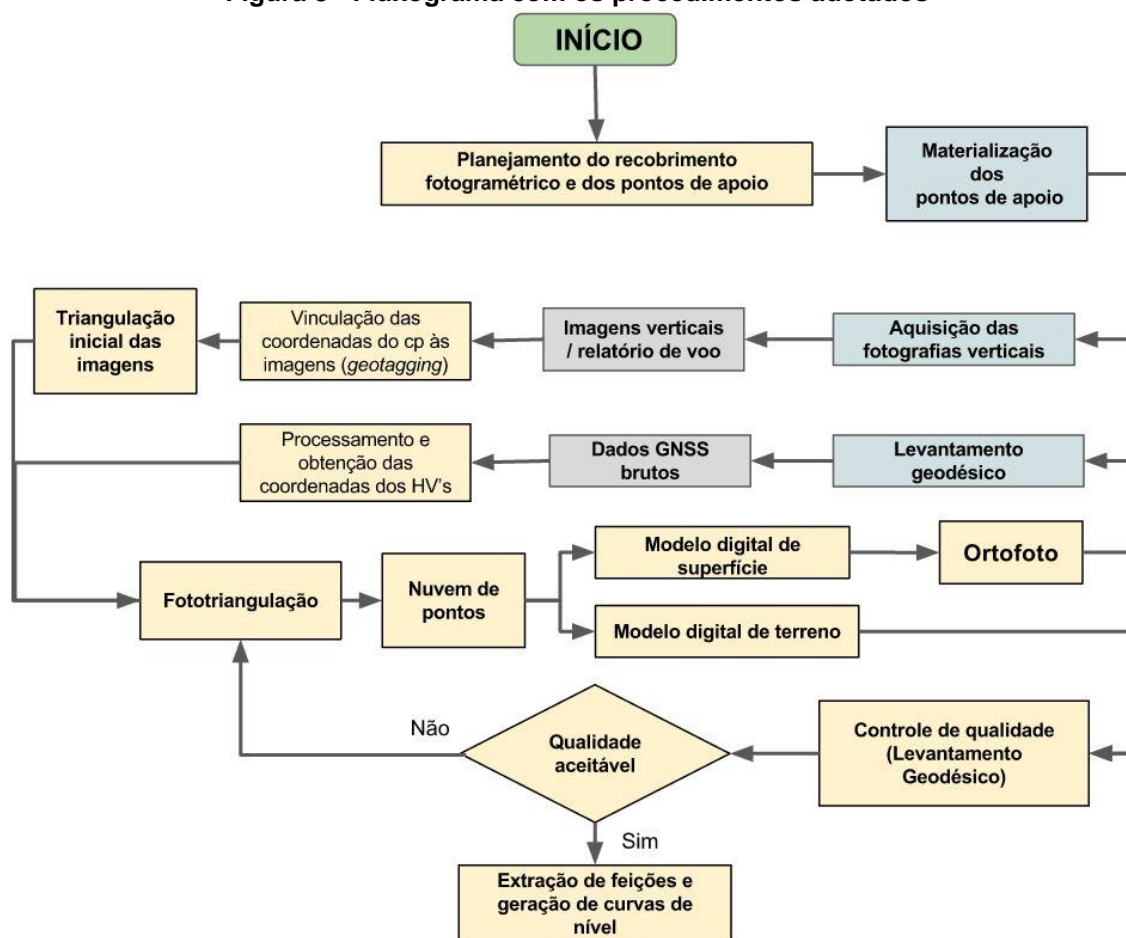
- **ARCMAP**

É o principal componente do conjunto de *software ArcGIS®* da empresa Esri. Seus recursos principais estão relacionados com a análise espacial, gerenciamento de dados, mapeamento e visualização, edição avançada, geocodificação, projeção de dados e publicação e compartilhamento de dados.

3.2 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos para a aquisição dos dados em campo e o processamento dessas informações em escritório seguem a sequência apresentada na Figura 8. Para a confecção dos produtos finais pode-se dividir o trabalho em duas etapas principais. A primeira etapa engloba o levantamento de campo, abrangendo fixação e rastreamento GNSS dos pontos de apoio, e a execução da aquisição de imagens verticais por meio de aeronave remotamente pilotada. A segunda parte abrange o processamento em escritório englobando o processamento GNSS, a fototriangulação, geração de modelos de superfície e terreno, produção de ortofotomosaico, extração de feições e geração de curvas de nível.

Figura 8 - Fluxograma com os procedimentos adotados



Fonte: Os autores (2017)

3.2.1 PROCEDIMENTOS EM CAMPO

3.2.1.1 PLANEJAMENTO DO RECOBRIMENTO E DAS ATIVIDADES DE CAMPO

Com a finalidade de tomar conhecimento do contexto do local realizou-se uma visita de reconhecimento na área de estudo. Neste momento foram observados fatores como condições para hospedagem, alimentação, locais para instalação segura dos receptores GNSS, possíveis pontos para operação da plataforma VANT além de características físicas da região e possíveis obstáculos para a utilização dos equipamentos e realização do trabalho.

De posse dessas informações procedeu-se o planejamento dos locais a serem fixados os pontos de apoio no terreno e planejamento do recobrimento para a região. Para este planejamento considerou-se a informação altimétrica proveniente do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

3.2.1.2 FIXAÇÃO DOS PONTOS DE APOIO

Com o objetivo de realizar o apoio para o levantamento com imagens verticais, foram utilizados pontos materializados a partir de alvos de pano com padrão xadrez preto e branco, com dimensões de 1m x 1m, cada alvo possuindo cinco pontos de fixação no solo por meio do uso de estacas. Esses pontos são necessários para a etapa de aerotriangulação, e tem suas coordenadas horizontais (H) e verticais (V) conhecidas, assim, sendo denominados HV.

A localização desses pontos foi planejada com visita e análise prévia da região através do *software Google Earth*, buscando-se escolher a distribuição com uma maior robustez geométrica aliada a locais de fácil acesso e apropriados para o posicionamento a partir de receptores GNSS. Assim, foram sinalizados 25 pontos na área de estudo, sendo que, devido a limites físicos na região de levantamento, a localização de alguns pontos precisou ser adequada a realidade do local. A Figura 99 mostra um exemplo alvo fixado no terreno.

Figura 9 - HV posicionado no terreno

Fonte: Os autores (2017)

3.2.1.3 LEVANTAMENTO GEODÉSICO

Para executar o levantamento geodésico foram utilizados dois pares de receptores GNSS. A utilização desses receptores foi organizada de forma que durante as medições, dois receptores eram instalados em pontos fixos, servindo como base (Figura 10), e outros dois eram utilizados para a medição dos pontos de interesse. Como base principal, utilizou-se um ponto localizado no pórtico de entrada da sede da eclusa de Amarópolis, local onde é possível instalar o equipamento em um pino de centragem forçada. Com a finalidade de garantir observações durante todo o período de trabalho materializou-se, por meio de piquete, uma base secundária localizada no estacionamento da pousada em que a equipe estava hospedada.

Figura 10 - Receptores de base localizados na eclusa e da pousada

Fonte: Os autores (2017)

Uma vez que todos os pontos de apoio encontravam-se distribuídos, e os receptores das bases instalados e operacionais, procedeu-se a medição dos HV, considerando o método de rastreamento estático rápido com tempo de rastreamento de 10 minutos em cada. O rastreamento de um dos pontos de apoio está representado na Figura 11.

Figura 11 - Rastreamento dos HV

Fonte: Os autores (2017)

O tempo de rastreamento das bases foi de 8 horas, aproximadamente, nos quatro dias de levantamento. Além dos pontos HV, também foram também medidos pontos

em feições de fácil identificação nas imagens (Figura 12) distribuídas pela área do distrito de Santo Amaro.

Figura 12 - Rastreio de feição de fácil identificação



Fonte: Os autores (2017)

A mesma metodologia de levantamento foi utilizada no campo para controle de qualidade, com dois pares de receptores, porém o ponto utilizado como base na pousada precisou ser materializado novamente. A base localizada na eclusa permaneceu no mesmo local. Outras diferenças se deram no tempo de rastreio, pois nesta etapa os levantamentos ocorreram em dois dias e no tipo de feição medida, sendo medidos apenas pontos foto identificáveis. O tempo de rastreio nas bases foi de 08 horas por dia e o tempo de rastreio nos pontos de interesse foi de 5 minutos.

3.2.1.4 AQUISIÇÃO DAS FOTOGRAFIAS VERTICAIS

Inicialmente, faz-se necessário um planejamento da aquisição das fotografias utilizando o simulador *Emotion2*, fornecido pela empresa *SenseFly*, montando os prováveis planos de recobrimento a serem utilizados. O *software* permite definir a altitude de acordo com o tamanho do GSD (medida equivalente do pixel no terreno) escolhido, selecionar a sobreposição lateral e longitudinal entre as imagens além de possuir os controles necessários para supervisão no momento da tomada das fotografias. Ressalta-se a importância do planejamento adequado para os dias de

campo, observando as condições climáticas e a escolha de possíveis locais de operação segura do equipamento em campo.

Dispondo-se dos pontos de apoio materializados e rastreados, realiza-se a aquisição das imagens verticais. Para a correta utilização do equipamento, segue-se um procedimento padrão objetivando evitar falhas do operador e do sistema.

Inicialmente, procede-se a montagem de uma estação composta por um computador vinculado a um rádio comunicador. Em seguida, o aparelho é posicionado longe de obstruções que possam afetar a decolagem ou a qualidade do sinal GNSS embarcado no equipamento. Após a escolha e montagem em um ponto de decolagem seguro, a bateria é conectada ao VANT que passa a ter comunicação via rádio com o operador. A seguir o plano de recobrimento é transmitido ao VANT, e a decolagem pode ser realizada.

Durante a realização da tomada das imagens, que ocorre em missões de aproximadamente 30 minutos, o equipamento mantém comunicação via rádio constantemente com a estação, assim o operador se mantém atualizado quanto às condições da cobertura fotogramétrica, além de informações como a velocidade do vento e a carga da bateria, possibilitando a transmissão de comandos emergenciais em tempo real. Por fim imediatamente após o pouso, que ocorre de maneira autônoma, o relatório do recobrimento e as imagens obtidas pela câmara são armazenadas no computador do operador e imediatamente apagados da plataforma e da câmara, com a finalidade de evitar o conflito de dados oriundos de levantamentos distintos.

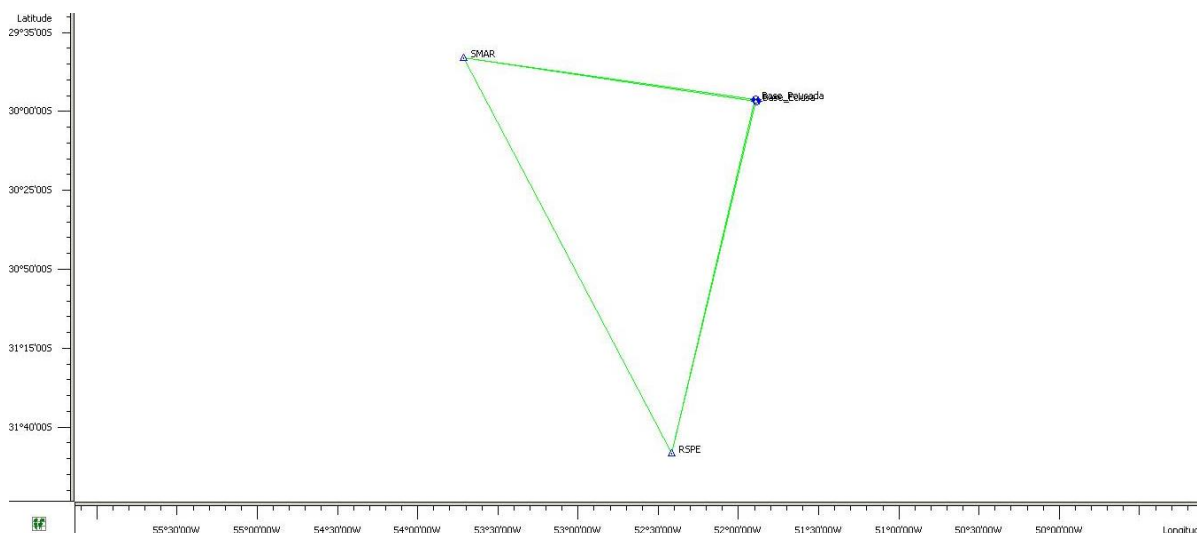
3.2.2 PROCEDIMENTOS EM ESCRITÓRIO

3.2.2.1 PROCESSAMENTO DOS DADOS GNSS

Para realizar o processamento GNSS, a partir dos arquivos de rastreamento dos pontos base e dos pontos de apoio, utilizou-se o *software Topcon Tools*. Inicialmente determinaram-se as coordenadas das duas bases. Nesse processo foram utilizadas

como referência as estações da RBMC de Alegrete - RS (RSAL) e de Pelotas - RS (RSPE). As linhas base ajustadas e os pontos referentes às estações da RBMC e às bases, podem ser visualizados na Figura 13.

Figura 13 - Pontos das base e linhas base em relação com as estações da RBMC.

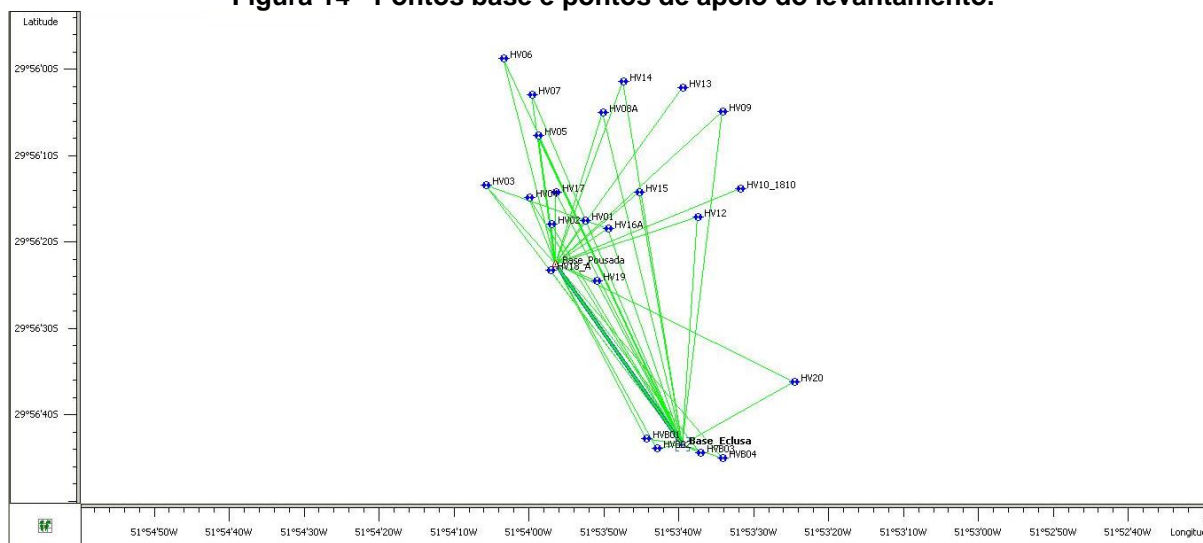


Fonte: Os autores (2017)

Durante todas as etapas do processamento utilizou-se uma máscara de elevação de 15 graus para minimizar o erro de multi-caminhamento das observações GNSS. Os dados foram processados no Datum WGS 84 e projeção UTM fuso 22 sul.

Para processar os pontos de controle foram utilizadas como referência as coordenadas das bases anteriormente determinadas. As linhas base ajustadas podem ser visualizadas na Figura 14, onde as bases estão representadas por triângulos enquanto a posição de cada ponto HV está representada por símbolo circular na cor azul.

Figura 14 - Pontos base e pontos de apoio do levantamento.



Fonte: Os autores (2017)

Após a determinação de todas as coordenadas dos pontos rastreados em campo, realizou-se a compatibilização com o sistema altimétrico oficial brasileiro. Para isso utilizou-se modelo de ondulação geoidal MAPGEO2015, determinando assim as altitudes ortométricas do local.

A seguir, na Tabela 1 são apresentadas as coordenadas das bases e na Tabela 2 são apresentadas as coordenadas dos pontos de apoio.

Tabela 1 - Coordenadas da bases de apoio GNSS

Name	Norte(m)	Este (m)	Elevation (m)	Ondulação Geoidal	Altitude Ortométrica	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)
Base Eclusa	6686926,245	413696,286	18,204	6,020	12,184	0,007	0,008	0,011	0,019
Base Pousada	6687566,074	413236,101	28,956	6,010	22,946	0,007	0,008	0,011	0,019

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 2 - Coordenadas dos pontos de apoio

Name	Norte(m)	Este (m)	Ell.Height (m)	Ondulação Geoidal	Altitude Ortométrica	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)
HV01	6687724,454	413342,224	45,175	6,010	39,165	0,010	0,012	0,016	0,029
HV02	6687710,358	413220,465	41,660	6,010	35,650	0,011	0,012	0,017	0,032
HV03	6687846,662	412986,304	21,144	6,010	15,134	0,010	0,011	0,015	0,027
HV04	6687803,825	413141,472	38,802	6,010	32,792	0,010	0,012	0,015	0,028
HV05	6688025,450	413169,313	19,911	6,000	13,911	0,010	0,012	0,015	0,028
HV06	6688300,163	413043,305	17,765	6,000	11,765	0,011	0,012	0,016	0,030
HV07	6688171,357	413145,710	17,197	6,000	11,197	0,011	0,012	0,017	0,032
HV08	6688109,782	413400,746	34,151	6,000	28,151	0,010	0,012	0,016	0,030
HV09	6688115,880	413829,728	51,459	5,990	45,469	0,010	0,011	0,015	0,027
HV10	6687842,472	413894,300	41,808	6,000	35,808	0,010	0,012	0,016	0,028
HV12	6687740,182	413744,422	42,707	6,000	36,707	0,010	0,011	0,015	0,027
HV13	6688198,452	413686,760	43,843	5,990	37,853	0,017	0,016	0,023	0,044
HV14	6688220,118	413472,750	39,705	5,990	33,715	0,012	0,013	0,017	0,038
HV15	6687825,494	413533,081	38,051	6,000	32,051	0,010	0,012	0,016	0,032
HV16	6687696,472	413425,254	47,195	6,010	41,185	0,010	0,011	0,015	0,027
HV17	6687823,169	413234,301	35,548	6,000	29,548	0,010	0,012	0,016	0,029
HV18	6687546,350	413220,107	27,986	6,010	21,976	0,010	0,012	0,015	0,028
HV19	6687508,492	413383,271	32,339	6,010	26,329	0,010	0,012	0,015	0,028
HV20	6687154,781	414094,667	39,715	6,020	33,695	0,010	0,012	0,016	0,028
HVB01	6686949,534	413567,500	15,278	6,020	9,258	0,010	0,012	0,015	0,028
HVB02	6686914,979	413602,840	15,486	6,020	9,466	0,010	0,012	0,015	0,028
HVB03	6686900,492	413761,169	15,151	6,020	9,131	0,010	0,012	0,015	0,028
HVB04	6686879,978	413839,011	14,897	6,010	8,887	0,010	0,012	0,015	0,027

Fonte: Os autores (2017)

3.2.2.2 PROCESSAMENTO DAS FOTOGRAFIAS

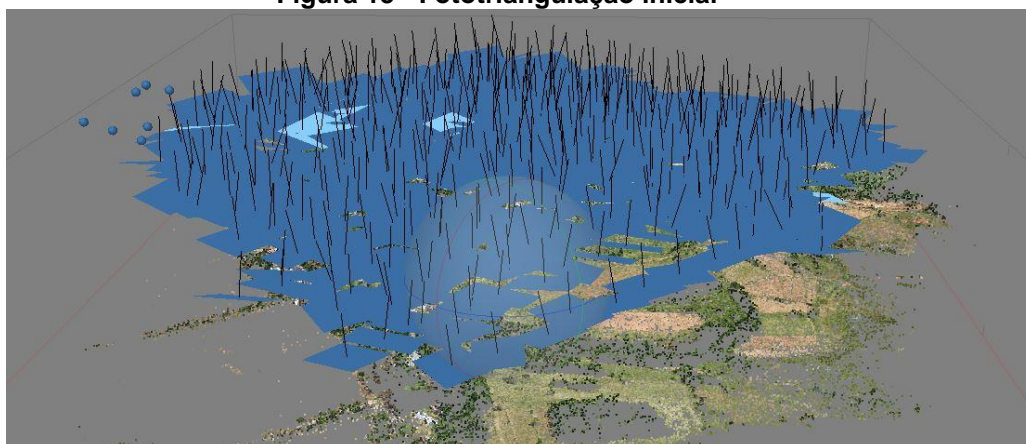
Após a determinação das coordenadas dos pontos HV, passou-se à realização do processamento fotogramétrico, possibilitando a geração de MDS, true-ortofoto e MDT para a produção das curvas de nível.

O processo se inicia com a associação das coordenadas e orientações obtidas pelo sistema de navegação do VANT (inercial e GNSS) às imagens. Tal processo é denominado de *geotagging* e é executado pelo *software Emotion2*, que acompanha o sistema VANT. Essas informações são importantes para facilitar a foto triangulação.

3.2.2.3 ALINHAMENTO E FOTOTRIANGULAÇÃO

Com as imagens posicionadas e orientadas tornou-se possível executar o alinhamento das fotografias, obtendo-se um posicionamento inicial. Tal tarefa é executada pelo *software*, trabalhando com a correspondência de pontos homólogos entre as imagens e com as coordenadas de cada cena. A obtenção desse posicionamento inicial, possibilita a fototriangulação ajustando apenas a posição das fotografias em relação aos pontos de apoio fotogramétricos rastreados anteriormente, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Fototriangulação inicial



Fonte: Os autores (2017)

Após o posicionamento inicial, é possível introduzir no projeto as coordenadas de cada um dos pontos de apoio, medindo-as nas imagens, conforme Figura 16.

Figura 16 - Medição dos pontos de apoio nas imagens



Fonte: Os autores (2017)

Com a finalidade de atingir uma melhor qualidade da fototriangulação, definiu-se como tolerância o valor de 0,5 pixel. Quando as observações apresentaram erros acima da tolerância analisou-se o impacto deste erro no resultado geral, melhorando os pontos de ligação e realizando a otimização de alinhamento das câmaras, ajustando os alinhamentos a partir dos parâmetros de calibração da câmara.

3.2.2.4 DENSIFICAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS

Após o processo de medição dos HV's nas fotografias realizou-se novamente o processo de correlação das imagens, onde um algoritmo busca pontos de correlação entre as cenas para a utilização como pontos de ligação (Figura 17) na fototriangulação. As coordenadas desses pontos são associadas e processadas no referencial do terreno juntamente com a determinação dos parâmetros de orientação exterior (POE) e interior (POI) das imagens.

Figura 17 - Nuvem de pontos esparsa



Fonte: Os autores (2017)

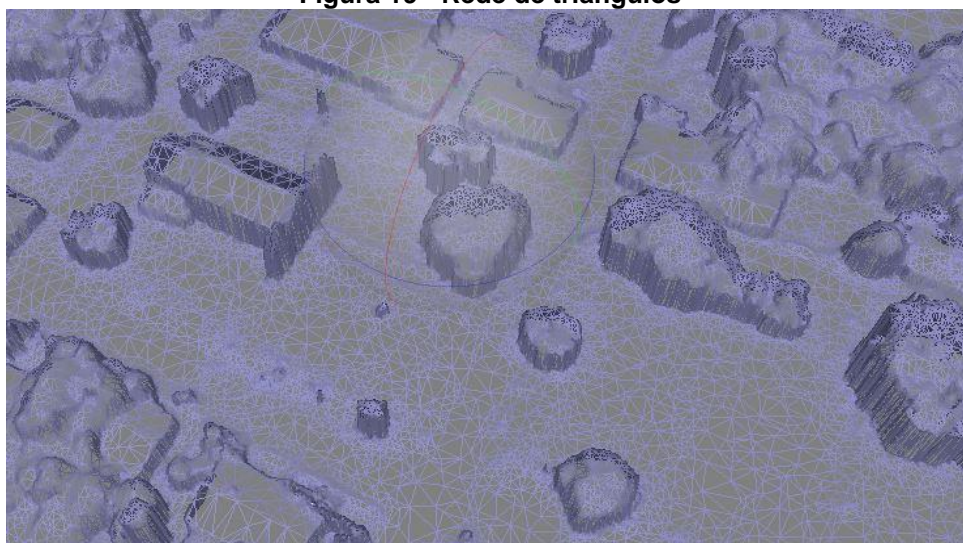
Em seguida fez-se a medição de pontos de ligação de forma manual, coletando pontos de fácil identificação como quinas de telhados, meio fio e calçadas, em todas as imagens com ocorrência da feição. Durante esse processo segue-se a adoção do valor de 0,5 pixel de tolerância. Após a medição desses pontos gera-se uma nova fototriangulação e juntamente com os POI e POE determinados se pode gerar uma nuvem de pontos com densidade superior, representada na Figura 18.

Figura 18 - Nuvem de pontos densa

Fonte: Os autores (2017)

3.2.2.5 REDE DE TRIÂNGULOS

Com a geração da nuvem de pontos, se torna possível a construção da malha triangular. Essa malha é uma forma de organizar os pontos para permitir a geração do modelo digital de superfície, que é requisito para a o processo de geração de ortofotos. A Figura 19 apresenta a representação da rede de triângulos.

Figura 19 - Rede de triângulos

Fonte: Os autores (2017)

3.2.2.6 ORTOFOTO

A partir da rede de triângulos foi possível a construção da true-ortofoto. Para obter o melhor resultado foram utilizados 4 levantamentos: 2 com píxel de 8cm e outros 2 com píxel de 10 cm, cabendo ressaltar que para cada resolução foi realizado um levantamento com as linhas de tomada das imagens no sentido norte sul e outro com as linhas no sentido leste oeste. A tomada de imagens com linhas de aquisição cruzadas deu-se com o objetivo de garantir o recobrimento e evitar problemas em decorrência da angulação do VANT ocasionada pelos ventos.

O produto gerado pode ser denominado de true-ortofoto pois foi obtido a partir de uma rede de triângulos que representa o modelo de superfície, englobando terreno e feições acima dele com um GSD de 10 cm. A Figura 20 apresenta um recorte do produto final.

Figura 20 - Ortofoto



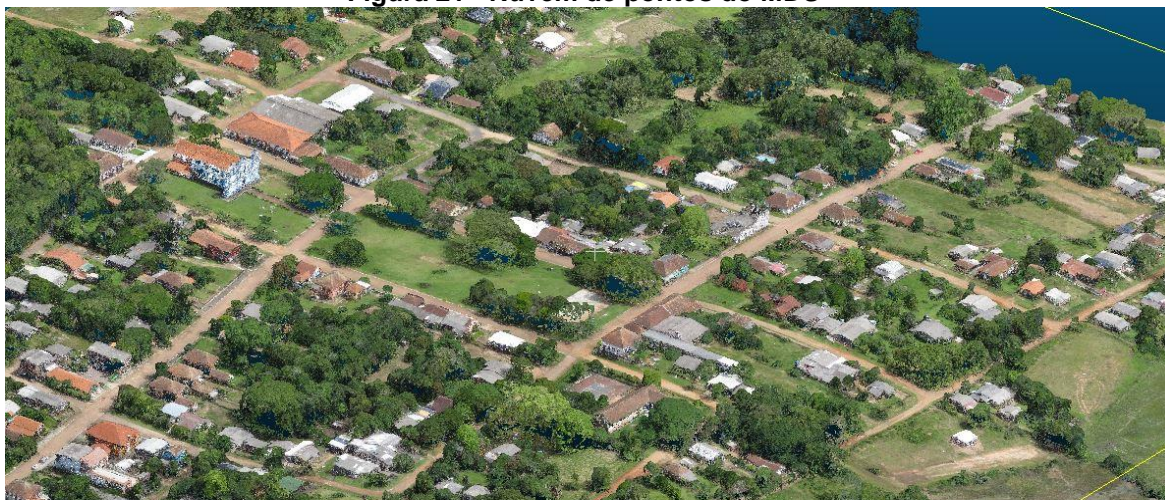
Fonte: Os autores (2017)

3.2.2.7 GERAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

A manipulação dos dados para a geração das curvas de nível se deu a partir da *dense cloud*, sendo os mesmos exportados para a extensão LAS a partir do *software Agisoft Photoscan*. A seguir os procedimentos foram realizados no *software*

Cloud Compare, com a finalidade de filtrar os dados do MDS, eliminando pontos nas regiões de edificações, vegetação e outros, obtendo um MDT da região de estudo. As Figuras 21 e 22 apresentam respectivamente, o MDS apresentando uma nuvem de pontos com todas as feições da área de estudo e o MDT obtido a partir de procedimento de filtragem no *software cloud compare*.

Figura 21 - Nuvem de pontos do MDS



Fonte: Os autores(2017)

Figura 22 - Nuvem de pontos representando o MDT



Fonte: Os autores (2017)

Com a nuvem representando apenas o terreno gerou-se um arquivo no formato .TIFF com a informação da altitude na região. A imagem foi importada pelo *software ArcMap 10.2.2*, plataforma onde foram interpoladas e editadas as curvas de nível compondo o produto final em formato vetorial.

3.2.2.8 EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES

Tendo como base de referência planimétrica o ortofotomosaico com resolução espacial de 10 cm, gerado a partir das imagens verticais, passou-se a etapa de extração de feições na plataforma ArcMap. Foram vetorizadas feições de edificações, edificações tombadas, meio fio e limites de logradouros, além do polígono de demarcação da área de estudo. Os arquivos foram gerados no formato *shapefile* e posteriormente armazenados em um *personal geodatabase*, estando disponíveis nos dois formatos.

4 RESULTADOS

4.1 PRODUTOS GERADOS

Com a realização dos processos já descritos, tendo como base os dados adquiridos em outubro de 2015, foram gerados os produtos finais para a área de 12,5 hectares. Aqui tem-se um resumo dos produtos finais, em formato matricial e vetorial, obtidos através de imagens verticais adquiridas por meio de VANT.

- **Trueortofotomosaico**

Possuindo um tamanho de pixel no terreno de 10 cm, e sendo o resultado da seleção dos melhores conjuntos de dados, a qualidade do ortofotomosaico foi satisfatória com grande parte das falhas estando em locais com maior elevação como vegetação ou edificações e sendo corrigidas durante o processamento. Ainda assim o produto apresenta algumas imperfeições como pode ser notado na Figura 23. Uma provável causa para essas falhas é o procedimento de seleção da textura a ser aplicada no ortofotomosaico que é realizado de forma autônoma pelo *software*.

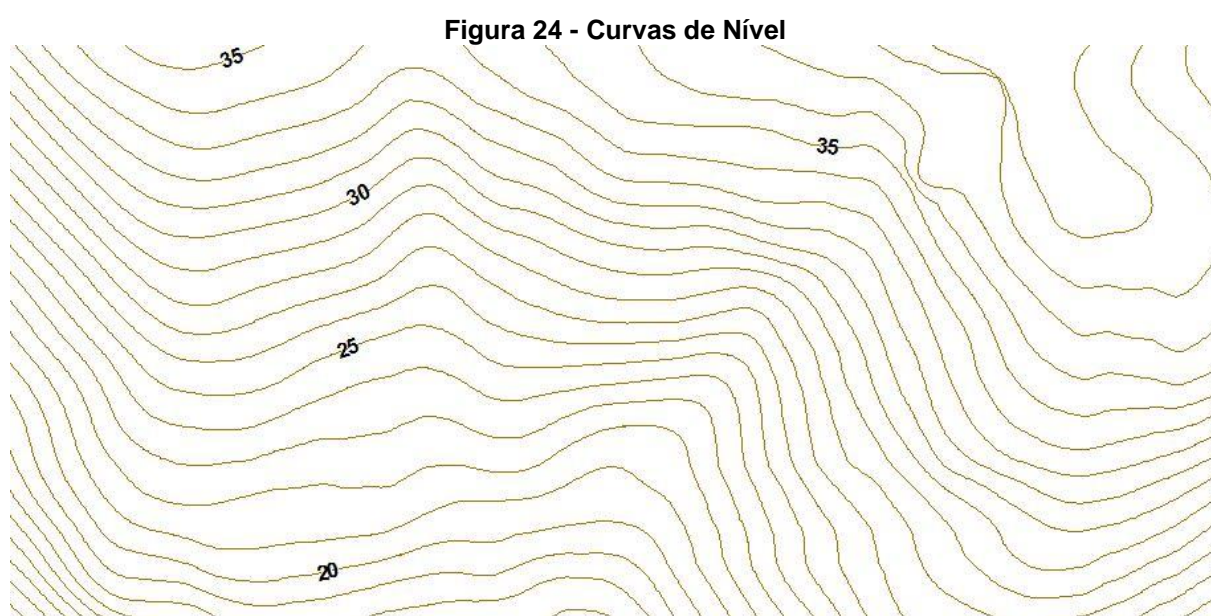
Figura 23 - Detalhe da textura da ortofoto



Fonte: Os Autores (2017)

- **Curvas de Nível**

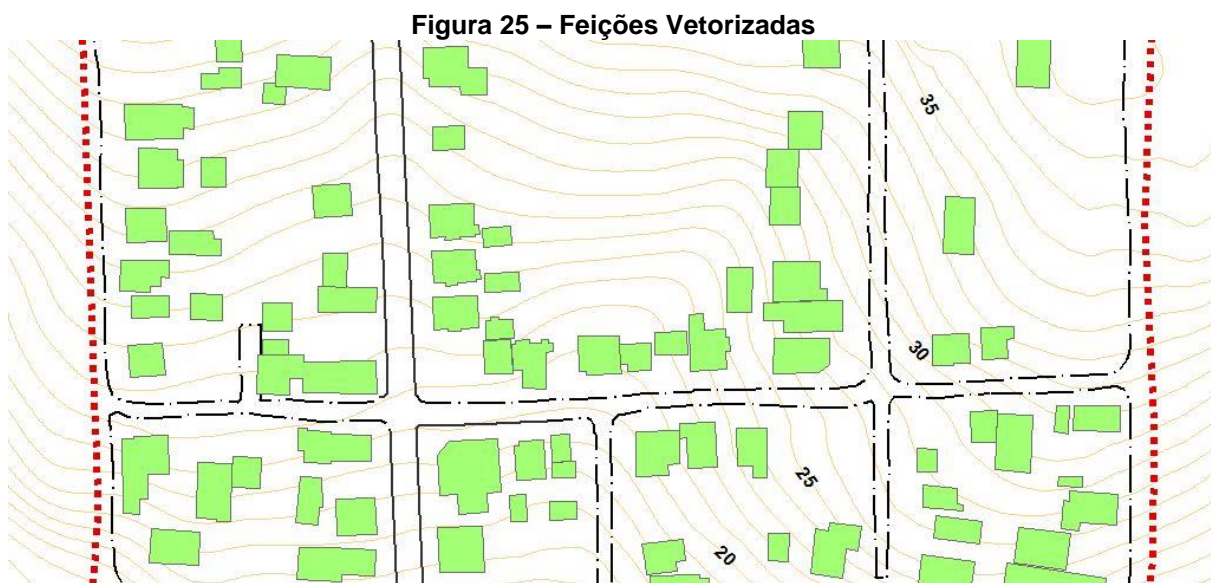
Geradas a partir na nuvem de pontos, com altitude ortométrica obtida por meio do MAPGEO2015 (IGBE), e após passarem por um processo de edição e suavização, chegou-se a o resultado final das curvas de nível com equidistância de 1 metro. O aspecto final das curvas de nível pode ser visualizado na Figura 24.



Fonte:Os Autores (2017)

- **Feições em formato vetorial**

Foram extraídas feições de edificações e limite de logradouros a partir da true-ortofoto. Os dados das edificações vetorizadas possuem a informação de área, perímetro, coordenadas UTM do centroide de cada edificação além da informação de tombamento ou não da edificação. A Figura 25 mostra uma parte das feições vetorizadas.



Fonte: Os Autores (2017)

- **Ortofotomapa na escala 1:1000**

Composto pela ortofoto juntamente com as curvas de nível, além das informações do nome dos logradouros. O mapa pode ser visualizado no Apêndice A.

- **Ortofotomapa na escala 1:400**

Composto pela ortofoto juntamente com as curvas de nível, além das informações do nome dos logradouros esta folha apresenta a região da praça central de Santo Amaro do Sul. O mapa pode ser visualizado no Apêndice B.

- **Mapa na escala 1:800**

Composto pelas informações vetoriais (edificações, limites de logradouro e curvas de nível). O mapa pode ser visualizado no Apêndice C.

RESULTADOS

4.2 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade foi realizado por meio do rastreamento de pontos com GNSS, metodologia detalhada no item 3.2.1.3. Foram medidos 25 pontos no terreno, de acordo com definido pelo FGDC (*Federal Geographic Data Comitee*) que recomenda um mínimo de 20 pontos, os quais tiveram suas coordenadas comparadas com as coordenadas das feições na ortofoto (componentes E e N) e no modelo digital de superfície (componente H), dando origem as discrepâncias, sendo realizados testes de tendência, precisão e acurácia. Na tabela 3 encontram-se as coordenadas medidas em campo, utilizadas como referência, e as coordenadas dos respectivos pontos no produto.

Tabela 3 - Coordenadas dos pontos de verificação

Nome	ID-GNSS	E_produto	N_produto	Z_produto	E_ref	N_ref	Z_ref
1	CON_01	413728,6588	6686936,1042	8,9803	413728,7420	6686935,9970	9,0020
2	CON_02	413806,5475	6686897,3843	9,5579	413806,4910	6686897,4390	9,6390
3	CON_08	413497,7514	6687855,2028	35,1495	413497,6430	6687855,3490	35,1700
4	CON_012	413499,5354	6687948,5307	30,0916	413499,5090	6687948,6090	30,0410
5	CON_021	413376,2731	6688006,5421	25,7228	413376,1840	6688006,5610	25,8750
6	CON_024	413385,5026	6687795,0843	38,9439	413385,5440	6687795,0760	39,0240
7	CON_026	413094,8148	6687812,9952	29,5853	413094,9010	6687812,8300	29,5650
8	CON_50	413443,5456	6687441,8459	14,0204	413443,5480	6687441,9470	14,0650
9	CON_55	413251,7452	6687610,6719	25,5642	413251,6540	6687610,6630	25,6410
10	CON_58	413245,8785	6687758,8673	34,7456	413245,9010	6687758,8220	34,9160
11	CON_59	413218,3937	6687715,1980	36,1549	413218,3450	6687715,3460	36,1480
12	CON_60	413237,8259	6687721,6536	35,3022	413237,8530	6687721,8080	35,3690
13	CON_100	413257,8806	6687505,1376	16,4897	413257,8250	6687505,0790	16,3300
14	CON_104	413200,5100	6687547,5645	21,8768	413200,5660	6687547,5440	21,7800
15	CON_107	413386,8975	6687514,7796	27,0181	413386,8320	6687514,6680	26,9380
16	CON_109	413532,5042	6687478,5772	17,0189	413532,5510	6687478,5830	16,9000
17	CON_110	413453,0984	6687552,4210	31,6640	413453,0430	6687552,5570	31,7410
18	CON_111	413456,4191	6687678,1288	39,6490	413456,3780	6687678,1600	39,4700
19	CON_113	413414,8289	6687751,5746	42,3283	413414,8030	6687751,6120	42,2000
20	CON_115	413168,1102	6687757,9977	35,3260	413168,0010	6687757,9060	35,1180
21	CON_116	413173,9515	6687688,7178	36,0494	413173,8970	6687688,8600	36,1900
22	CON_117	413160,7194	6687720,5669	36,8438	413160,7640	6687720,6110	36,6440
23	CON_118	413361,7449	6687688,4453	37,8424	413361,7740	6687688,4490	37,6540
24	CON_119	413397,5558	6687689,3387	39,0802	413397,4980	6687689,3120	38,9390
25	CON_120	413387,3258	6687752,7082	40,5667	413387,3020	6687752,5650	40,6380

Fonte : Os Autores (2017)

O método para avaliação da acurácia e precisão de produtos cartográficos pode ser realizado a partir de dois testes estatísticos que verificam se existe tendência nas componentes que estão sendo analisadas. Para isso, primeiramente são feitas duas formulações para embasar o teste de hipóteses:

$H_0=0$, trata-se da primeira hipótese, e significa que os dados da amostra estão dentro de um intervalo de confiança analisado, sendo assim a hipótese básica.

$H_0>0$, consiste na hipótese alternativa, e significa que os dados da amostra estão fora de um intervalo de confiança determinado, sendo a hipótese básica é rejeitada.

Na sequência são realizados dois testes que, a partir das discrepâncias das componentes, baseiam-se na média (Equação 4), no desvio padrão (Equação 5) e na variância desses dados.

O teste de tendência ou teste T (SANTOS,2010) analisa a existência de tendência nos dados analisados. Esse teste utiliza como parâmetros a média, desvio padrão e os graus de liberdade da amostra (Equação 6). Assim pela Equação 7 é definido o valor de $T_{calculado}$, o qual é comparado, considerando o intervalo de confiança e os graus de liberdade da amostra, com a tabela *T Student*. Ressalta-se que, de acordo com Gemael et al (2015), a distribuição *T Student* é indicada para amostras pequenas, menores do que 30 elementos.

Se o valor de $T_{calculado}$ for menor do que o valor teórico, oriundo da tabela *T Student* a hipótese nula é aceita. Caso o valor seja maior que o teórico a hipótese nula é rejeitada, aceitando-se a hipótese alternativa. Nesse caso o teste indicaria que existe tendência na amostra.

$$\Delta xm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta xi \quad (4)$$

$$\sigma_{\Delta xm} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta xi - \Delta xm)^2} \quad (5)$$

$$gl = n - 1 \quad (6)$$

RESULTADOS

$$T_{calculado} = \left(\frac{\Delta x_m}{\sigma_{\Delta x_m}} \right) \times \sqrt{gl} \quad (7)$$

Para realizar o teste de precisão utiliza-se como parâmetro a variância da amostra, sendo ela a raiz quadrada positiva do desvio padrão. Assim o valor calculado pela Equação 8 é comparado com a Tabela χ^2 (qui-quadrado).

$$X^2_{calculado} = (gl) \times \frac{(\sigma_{\Delta x_m})^2}{(\sigma_x)^2} \quad (8)$$

Por fim, realizou-se o cálculo de acurácia para os dados planimétricos e altimétricos, adotando a metodologia de acurácia geoespacial de Miller (2004), que considera o padrão definido pelo FDGC e é baseado no cálculo do erro médio quadrático (EMQ), de acordo com a Equação 9.

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^2}{n}} \quad (9)$$

Na equação, o delta é a diferença entre as coordenadas do ponto de verificação e as coordenadas no produto. O FDGC recomenda que seja usado um mínimo de 20 pontos para o controle de qualidade. As acurácias planimétrica (AP) e vertical (AV) com um nível de 95% de confiança são calculadas usando, respectivamente, as equações 10 e 11:

$$AP = 2.2447 \times \frac{(EMQ_x + EMQ_y)}{2} \quad (10)$$

$$AV = 1.96 \times EMQ_z \quad (11)$$

Na tabela 4 são apresentadas as discrepâncias das coordenadas de cada ponto de verificação, e os resultados finais das análises são apresentados na Tabela 5.

RESULTADOS

Tabela 4 - Discrepâncias das componentes

Nome	ID-GNSS	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔH (m)
1	CON_01	0,0832	-0,1072	0,0217
2	CON_02	-0,0565	0,0547	0,0811
3	CON_08	-0,1084	0,1462	0,0205
4	CON_012	-0,0264	0,0783	-0,0506
5	CON_021	-0,0891	0,0189	0,1522
6	CON_024	0,0414	-0,0083	0,0801
7	CON_026	0,0862	-0,1652	-0,0203
8	CON_50	0,0024	0,1011	0,0446
9	CON_55	-0,0912	-0,0088	0,0768
10	CON_58	0,0225	-0,0453	0,1704
11	CON_59	-0,0487	0,1480	-0,0069
12	CON_60	0,0271	0,1544	0,0668
13	CON_100	-0,0556	-0,0586	-0,1597
14	CON_104	0,0560	-0,0205	-0,0968
15	CON_107	-0,0655	-0,1116	-0,0801
16	CON_109	0,0468	0,0058	-0,1189
17	CON_110	-0,0554	0,1360	0,0770
18	CON_111	-0,0411	0,0312	-0,1790
19	CON_113	-0,0259	0,0374	-0,1283
20	CON_115	-0,1092	-0,0917	-0,2080
21	CON_116	-0,0545	0,1422	0,1406
22	CON_117	0,0446	0,0441	-0,1998
23	CON_118	0,0291	0,0037	-0,1884
24	CON_119	-0,0578	-0,0267	-0,1412
25	CON_120	-0,0238	-0,1432	0,0713

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 5 - Resultados finais do controle de qualidade

	E (m)	N (m)	H (m)
Média	-0,0188	0,0126	-0,0230
Variância	0,0034	0,0089	0,0142
Desvio Padrão	0,0586	0,0942	0,1193
Amostra	25	25	25
Graus de Liberdade	24	24	24
T Std Teórico	2,0639	2,0639	2,0639
T Std Calculado	-1,5698	0,6550	-0,9445
Tendencioso	0	0	0
T=0; Não há tendência		T≠0; Há tendência	
χ^2 Teórico	36,415	36,415	36,415
χ^2 Calculado	0,0023	0,0058	0,0094
EMQ	0,0940	0,0630	0,1150
AP Este		0,2299	
AP Norte		0,1541	
AP		0,1920	
AV		0,2254	

Fonte: Os autores (2017)

RESULTADOS

Após a realização desse procedimento pode-se afirmar que a amostra não apresenta tendência em nenhuma de suas componentes e que considerando o teste Qui-quadrado, pode-se afirmar que os produtos são precisos. Por fim suas acurácias, para um intervalo de confiança de 95%, são de 22,9 e 15,4 centímetros nas componentes leste e norte respectivamente e de 22,5 centímetros na altimetria.

4.3 CUSTOS

Para realizar o cálculo dos custos da realização deste trabalho levou-se em consideração uma equipe formada por:

- 1 engenheiro cartógrafo;
- 1 técnico em cartografia;
- 1 motorista.

Os salários dos profissionais e os encargos sociais tiveram como base a tabela de preços da AETSP (associação das Empresas de Topografia do estado de São Paulo) na data de novembro de 2016. As horas de trabalho foram calculadas levando em conta o somatório de horas em campo e em escritório para os engenheiros e técnico, para o motorista foram consideradas apenas as horas de trabalho de campo. A Tabela 6 apresenta os valores estimados para o custeio de pessoal.

Tabela 6 - Custos com mão de obra

FUNÇÃO	QUANTIDADE	SALÁRIO BASE	SALÁRIO HORA	HORAS / PROJETO	TOTAL
Engenheiro Cartógrafo	1	R\$ 6.000,00	R\$ 33,33	100	R\$ 3.333,33
Técnico em Cartografia	1	R\$ 2.990,00	R\$ 16,61	70	R\$ 1.162,78
Motorista	1	R\$ 1.800,00	R\$ 60,00	5	R\$ 300,00
Encargos Sociais	105%				R\$ 5.035,92
TOTAL					R\$ 9.832,03

Fonte: Os Autores (2017)

RESULTADOS

A Tabela 7 apresenta os custos relacionados com despesas indiretas com pessoal e material. Os valores estimados para os custos com equipamentos, *softwares* e materiais consideram o valor e depreciação, além do tempo de utilização, estes valores estão expostos na Tabela 8. Para compor o preço aplicou-se a incidência de impostos (Tabela 9) e por fim, agregando todos os valores mostrados anteriormente e o lucro esperado, apresenta-se o valor final do projeto na Tabela 10.

Tabela 7 - Custos indiretos

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE	CUSTO TOTAL
Hospedagem	24	R\$ 100,00	R\$ 2.400,00
Alimentação	48	R\$ 20,00	R\$ 960,00
Aluguel de Carro (diária)	5	R\$ 194,87	R\$ 974,35
Combustível (km) *	220	R\$ 3,78	R\$ 94,50
Pedágio	2	R\$ 13,60	R\$ 27,20
Mobilização	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
TOTAL			R\$ 6.956,05

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 8 - Valores dos materiais

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR	DEPRECIÇÃO	USO / PROJETO	VALOR / PROJETO
Par GNSS L1/L2 - TOPCON **	2	R\$ 90.000,00	0,02	7	R\$ 4.846,15
Topcon Tools	1	R\$ 5.000,00	1,00	10	R\$ 192,31
EBEE ***	1	R\$ 150.000,00	100	6	R\$ 9.000,00
Agisoft Photoscan *	1	R\$ 15.000,00	13,70	40	R\$ 547,95
Computador*	1	R\$ 4.000,00	0,20	50	R\$ 769,23
Licença ARCGIS	1	R\$ 40.000,00	36,53	30	R\$ 1.095,89
Alvos	30	R\$ 10,00			R\$ 300,00
Piquetes	30	R\$ 1,00			R\$ 30,00
Pregos (kg)	1	R\$ 8,50	0,40		R\$ 8,50
Gráfica	10	R\$ 100,00			R\$ 1.000,00
Luz	1	R\$ 450,00	0,15		R\$ 67,50
Água	1	R\$ 150,00	0,15		R\$ 22,50
Cloud Compare	1				
TOTAL					R\$ 17.880,03

* Custo hora

** Custo dia

Fonte: Os Autores (2017)

RESULTADOS

Tabela 9 - Despesas com tributação

DESPESAS	(ISS, COFINS,PIS, CSLL, IR) = 16,33%	TOTAL
Mão de Obra	0,1633	R\$ 1.605,57
Custos Indiretos		R\$ 1.135,92
Equipamentos		R\$ 2.919,81
Lucro		R\$ 3.818,98
TOTAL		R\$ 9.480,28

Fonte: Os Autores (2017)

Tabela 10 - Valores finais de custeio

MÃO DE OBRA	R\$ 9.832,03
CUSTOS INDIRETOS	R\$ 6.956,05
EQUIPAMENTOS	R\$ 17.880,03
IMPOSTOS	R\$ 9.480,28
TOTAL	R\$ 44.148,39
LUCRO ESPERADO 25%	R\$ 11.037,10
TOTAL	R\$ 55.185,48

Fonte: Os Autores (2017)

Para fins de comparação realizou-se uma estimativa dos custos reais do trabalho. Assim, não foram contabilizados os custos com mão de obra, apenas os gastos indiretos de hospedagem, alimentação e transporte, além dos custos com equipamentos, que foram estimados considerando a depreciação dos materiais e equipamentos fornecidos pela universidade.

Pela metodologia inicial, considerando valores de mercado, chegou-se a uma estimativa final de 55.185,48 reais, valor que agrega os custos diretos e indiretos encargos e uma taxa de lucro de 25%. Para realizar o mesmo trabalho a universidade teve um custo de aproximadamente R\$15.906,23. O detalhamento para se chegar a este valor está na Tabela 11.

RESULTADOS

Tabela 11 – Estimativa real de custeio

CUSTOS INDIRETOS					
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE		UNIDADE		CUSTO TOTAL
Hospedagem	28		R\$ 100,00		R\$ 2.800,00
Alimentação	56		R\$ 20,00		R\$ 1.120,00
Combustível (km) *	250		R\$ 3,78		R\$ 94,50
Pedágio	2		R\$ 13,60		R\$ 27,20
TOTAL					R 4.041,70
EQUIPAMENTOS					
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR	DEPRECIACÃO	USO / PROJETO	VALOR / PROJETO
Par GNSS L1/L2 - TOPCON **	2	R\$ 90.000,00	49,32	7	R\$ 690,41
Topcon Tools *	1	R\$ 5.000,00	2,74	10	R\$ 27,40
EBEE ***	1	R\$ 150.000,00	100	6	R\$ 9.000,00
Agisoft Photoscan *	1	R\$ 15.000,00	13,70	40	R\$ 547,95
Computador*	1	R\$ 6.000,00	3,29	50	R\$ 164,38
Licença ARCGIS	1	R\$ 40.000,00	36,53	30	R\$ 1.095,89
Alvos	30	R\$ 10,00			R\$ 300,00
Piquetes	30	R\$ 1,00			R\$ 30,00
Pregos (kg)	1	R\$ 8,50	0,40		R\$ 8,50
TOTAL					R\$ 11.864,53
VALORES FINAIS					
CUSTOS INDIRETOS					R\$ 4.041,70
EQUIPAMENTOS					R\$ 11.864,53
TOTAL					R\$ 15.906,23

Fonte: Os Autores (2017)

5 CONCLUSÕES

5.1 DIFICULDADES PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO

No presente trabalho, foram descritos de maneira breve os procedimentos executados em campo e no escritório para o cumprimento dos objetivos propostos. Contudo, torna-se importante uma abordagem sobre as dificuldades encontradas durante a realização do projeto.

Na saída de campo para realização da aquisição das imagens e realização de apoio geodésico destaca-se a dificuldade de manter a localização prévia dos pontos de apoio HV, pois em algumas situações o local consistia em área privada ou de difícil acesso. Esta saída de campo ocorreu no segundo semestre do ano de 2015, período em que o Rio Grande do Sul foi atingido por fortes e prolongadas chuvas, esse fato atrapalhou o trabalho de campo, após dois dias de trabalho a região de Santo Amaro foi atingida por um forte temporal com ocorrência de granizo, isso fez que a equipe voltasse a Porto Alegre tendo que retornar alguns dias depois para a conclusão do trabalho.

Também em virtude das chuvas, boa parte dos marcos geodésicos localizados na eclusa de Amarópolis encontravam-se inacessíveis, sendo que o acesso à sede da eclusa para instalação da base GNSS ocorreu com o emprego de um barco e ajuda da população local. A impossibilidade de utilizar estes marcos e a restrição de horário para o acesso à eclusa acarretou na necessidade da instalação de uma base secundária, materializada no estacionamento do local onde a equipe estava hospedada.

Após a aquisição dos dados de campo, passou-se às atividades em escritório. Nessa etapa as dificuldades consistiram em escolher os melhores arquivos de imagens dentre os disponíveis, considerando nitidez e estabilidade do sensor no momento da tomada das imagens. Outro aspecto foi o tempo gasto com o processamento das imagens (alinhamento, fototriangulação, geração de ortofoto, etc.), pois se faz necessário um refinamento dos pontos de apoio e dos pontos de ligação para, somente após, executar os processamentos com uma exigência

CONCLUSÕES

computacional mais elevada. Não tomar este cuidado pode acarretar em um grande desperdício de tempo no processamento das imagens.

A geração das curvas de nível a partir do MDS foi uma etapa que exigiu testes para a definição da metodologia a ser executada. Inicialmente, para a filtragem do MDS dando origem ao MDT, considerou-se aplicar a classificação de nuvens de ponto disponível no *Photoscan*, porém alguns testes mostraram que o resultado não era satisfatório e seria necessário um grande trabalho de classificação manual dos dados. Seguindo, aplicou-se a classificação disponível no *software CloudCompare*, que se adequou ao trabalho, realizando uma filtragem automática e reduzindo o tempo da edição final das curvas de nível.

Além das dificuldades mencionadas acima, devem-se prever e planejar problemas gerais, como o uso de equipamento de proteção individual, adequados para evitar problemas provenientes do sol e de insetos/animais. Também, antes da saída de campo, verificar a localização de unidades de saúde básica e recursos associados à prevenção de qualquer adversidade.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento por meio de imagens obtidas por VANT se trata de um método que envolve várias áreas da Engenharia Cartográfica. Este trabalho descreve o processo de geração dos produtos finais além de conhecimentos das áreas de Fotogrametria e Geodésia necessários a realização do projeto. Os objetivos estabelecidos foram totalmente atingidos, sendo gerada uma base cartográfica contendo dados matriciais e vetoriais, retratando a realidade do local na data da tomada das fotografias.

A definição das coordenadas dos alvos utilizados como apoio no terreno e das feições que serviram para o controle de qualidade dos produtos gerados abrangeu e consolidou conceitos de posicionamento geodésico por satélites. Suas medições foram realizadas com o emprego de receptores GNSS pelos métodos relativo estático e relativo estático rápido.

CONCLUSÕES

Para a realização da tomada das fotografias utilizou-se uma plataforma VANT, essas imagens foram posteriormente utilizadas no processo fotogramétrico, assim a execução do trabalho possibilitou o uso de equipamentos de alta tecnologia. Tecnologia que ganhou destaque como método de mapeamento no últimos anos e vem sendo muito explorada pelo mercado de levantamentos. Apesar do modelo utilizado ser uma plataforma bastante versátil e adequada para uma aquisição rápida dos dados, necessita de cuidados, por exemplo com as condições climáticas e de obstáculos no local, sendo possível o levantamento com ventos de até 12 m/s.

O levantamento fotogramétrico apresenta algumas limitações como a impossibilidade de se obter informações referentes ao terreno em áreas com grande recobrimento de vegetação. Nesses locais, caso se tenha necessidade por dados mais detalhados, recomenda-se o uso de levantamento topográfico que pode ser posteriormente integrado aos dados oriundos da fototriangulação.

A disponibilidade de uma estação de trabalho com configuração compatível para o processamento de um grande volume de dados é uma condição para que o trabalho seja exitoso. Para o processamento utilizou-se um computador com processador Intel core i7-3820 com frequência de 3.60Ghz, 24 Gb de memória RAM e placa Gráfica NVIDIA quadro 5000 de 4Gb. O computador executou bem o trabalho mesmo com os processamentos que agregavam uma quantidade maior de dados, necessitando de um maior tempo de processamento.

Quanto à elaboração dos produtos finais foram disponibilizados *softwares* com recursos avançados para o trabalho com dados vetoriais e matriciais, que juntamente com os conhecimentos de Cartografia, processamento digital de imagens, produção de cartas, possibilitaram a execução das atividades previstas de forma eficiente. A análise final dos resultados mostra que os produtos gerados atingiram as expectativas, gerando uma base vetorial consolidada, com o produto principal sendo a true-ortofoto e apresentando uma boa qualidade.

Por fim se pode afirmar que os produtos oriundos das imagens obtidas por meio de VANT possuem suas limitações mas possibilitam a rápida aquisição dos dados de forma remota além da geração de produtos com uma quantidade de informações maior do que se comparados com outros métodos como os topográficos.

No presente trabalho as acurácias horizontal e vertical foram respectivamente de 19,2 cm e de 22,5 cm.

5.3 RECOMENDAÇÕES

A principal expectativa é que os dados gerados sejam utilizados pelos profissionais do IPHAN e por outros órgãos da administração pública com a finalidade de planejar e gerir o patrimônio do local. Após a conclusão, constatou-se algumas metodologias aplicadas que podem ser aprimoradas ou terem prosseguimento, e estão descritas a seguir:

- O rastreamento dos pontos de apoio e de controle de qualidade pelo método de posicionamento estático rápido poderia ser otimizado com o uso do recurso RTK se disponível e considerando também as características do local de trabalho.
- Realizar a avaliação da preservação das edificações com base na ortofoto, já que muitas delas apresentam grandes avarias que podem ser notadas nas imagens.
- Refinamento do banco de dados das edificações, podendo ser anexadas informações como nome do proprietário, ano de construção, e outras informações de interesse histórico e que auxiliem na gestão da localidade.
- Avaliação da influência dos pontos de ligação medidos de forma manual durante o processo de fototriangulação nos resultados finais.
- Realização de levantamento com o uso de Fotogrametria terrestre possibilitando a obtenção de imagens ortogonais às fachadas com a finalidade de realizar a modelagem tridimensional das edificações.
- Especificação de recurso computacional para o usuário final, possibilitando a consulta, edição e medição nos produtos entregues, preferencialmente como uso de plataformas gratuitas.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. B. *Fotogrametria*. Curitiba: SBEE. (1998)
- BRASIL. *Constituição Federal*. Acesso em 10 de 9 de 2016, disponível em http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Constituicao_Federal_art_216.pdf, (1988)
- BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University. (1998)
- CAMARGO, P. d. *Ajustamentos de Observações*. Notas de aula. Presidente Prudente: UNESP. (2000)
- CLOUD COMPARE.. <http://www.cloudcompare.org/>. Acesso em 20 de 11 de 2016, disponível em cloudcompare: <http://www.cloudcompare.org/> (2016)
- COELHO, I. A. *Avaliação da qualidade posicional de dados oriundos de VANT para mapeamento fotogramétrico aplicado em projetos rodoviários*. UFRGS (2015).
- COELHO, L.; BRITO, J. N. *Fotogrametria Digital*. Rio de Janeiro: UERJ. (2007).
- DALMOLIN, Q.. *Ajustamento por Mínimos Quadrados*. 175. Curitiba: Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas/ UFPR. (2002)
- FALKNER, E. *Aerial mapping: methods and Applications*. Boca Raton: Lewis Publishers. (1995).
- GEMAEL, C. *Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas*. Curitiba: UFPR. (1994)
- GEMAEL, C. *Introdução à Geodésia Física*. Curitiba: UFPR. (1999).
- GEMAEI, C.; MACHADO, A. L.; WANDRESEN, R. *Introdução ao Ajustamento de Observações - Aplicações Geodésicas*. Curitiba: UFPR. (2015)

REFERÊNCIAS

- ICOMOS - Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. *Carta de Veneza. Carta internacional sobre conservação e restauração de monumentos e sítios*, (p. 4). Acesso em 15 de 9 de 2016, disponível em <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Veneza%201964.pdf>. (1964).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS*. Acesso em 05 de 10 de 2016, disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7> (2016).
- IPHAN. <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/392/>. Acesso em 16 de 10 de 2016, disponível em <http://portal.iphan.gov.br/>: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/392/>. (2016)
- ISPRS. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*. Acesso em 11 de 09 de 2016, disponível em <http://www.isprs.org/society/> (2016)
- JENSEN, J. R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. (J. C. Epiphany, Ed.) São José Dos Campos. (2009).
- LETECKÁ FOTOGRAMETRIA. Disponível em: <http://www.aadopyt.sk/dodavatelia/5-it-pocitace-a-telekomunikacia/310-software-instalacia-poradenstvo/265688-k-data-s-r-o/174-letecka-fotogrametria.html> Acesso em 25 de 10 de 2016
- LUGNANI, J. B. *Introdução a Fototriangulação*. Curitiba: UFPR. (1987)
- MILLER, S. B. *Photogrametric Products in Manual of Photogrammetry*. (2004).
- MONICO, J. F. *Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamento e aplicações* (2 ed.). São Paulo: Unesp. (2008).
- PALERMO, R. D; LEITE, T. C. *Integração de Levantamento Fotogramétrico Aéreo com o uso de VANT e Levantamento Fotogramétrico Terrestre para o Mapeamento Tridimensional das Ruínas de São Miguel das Missões*. UFRGS Porto Alegre. (2013)

REFERÊNCIAS

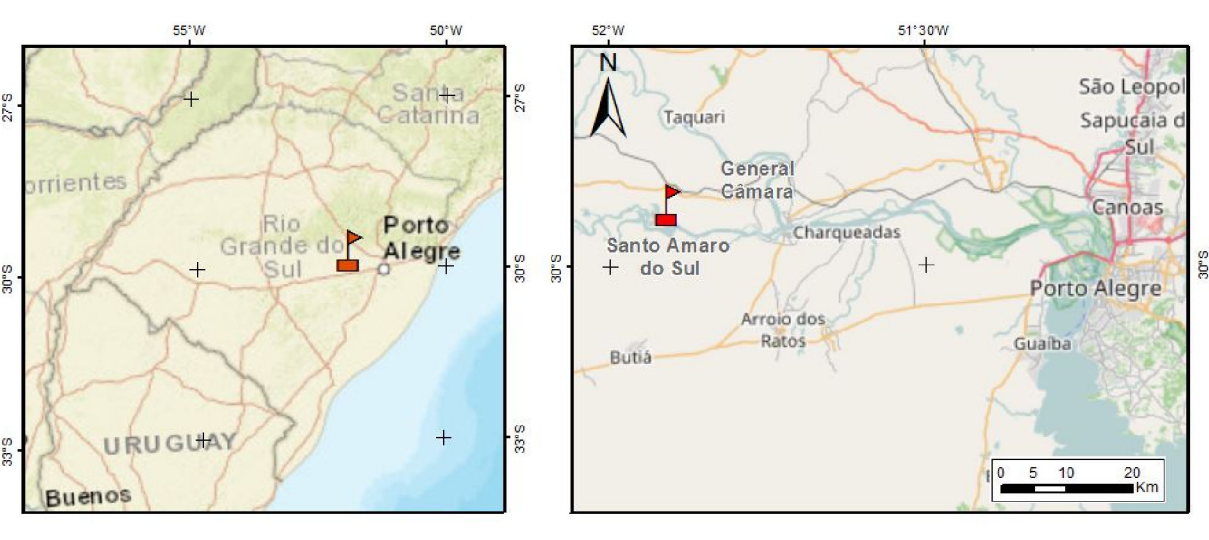
- PDM General Câmara. *Plano Diretor Municipal*. Acesso em 05 de 10 de 2016. Disponível em http://www.generalcamara.com/uploads/norma/16045/Lei_1305_2007_Plano_Diretor.pdf (2007).
- SANTIAGO & CINTRA. *Santiagoecintra*. Acesso em 14 de 10 de 2016. Disponível em <http://www.santiagoecintra.com.br/produtos?cod=37&cat=117>.
- SANTOS, A. d.. *Avaliação da Acurácia Posicional de Dados Espaciais com o uso de Estatística Espacial*. (U. F. Viçosa, Ed.) Dissertação de Mestrado. (2010)
- SCHENK, T.. *Digital Photogrammetry*. Laurelville: Terra Science. (1999)
- SOARES, A. L.; DIAS, G. *Comunidades, identidades e sua sustentabilidade*. Revista Tecnologia e Ambiente. Acesso em 10 de 10 de 2015, disponível em <http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/viewFile/1205/1161> (2011).
- TOMMASELLI, A. M. *Fotogrametria Básica*. Notas de Aula (2004).
- TOMMASELLI, A. M. *Fotogrametria Básica*. Notas de Aula. (2012)
- YANAGA, S. S. *Fotogrametria Digital à Curta Distância na Documentação do Patrimônio Arquitetônico - Estudo de Caso*. Florianópolis: UFSC. (2006)

APÊNDICE A – Ortofotomapa da Área de Interesse Histórico/Cultural de Santo Amaro do Sul/RS



ORTOFOTOMAPA DA ÁREA DE INTERESSE HISTÓRICO/CULTURAL DE SANTO AMARO DO SUL - RS

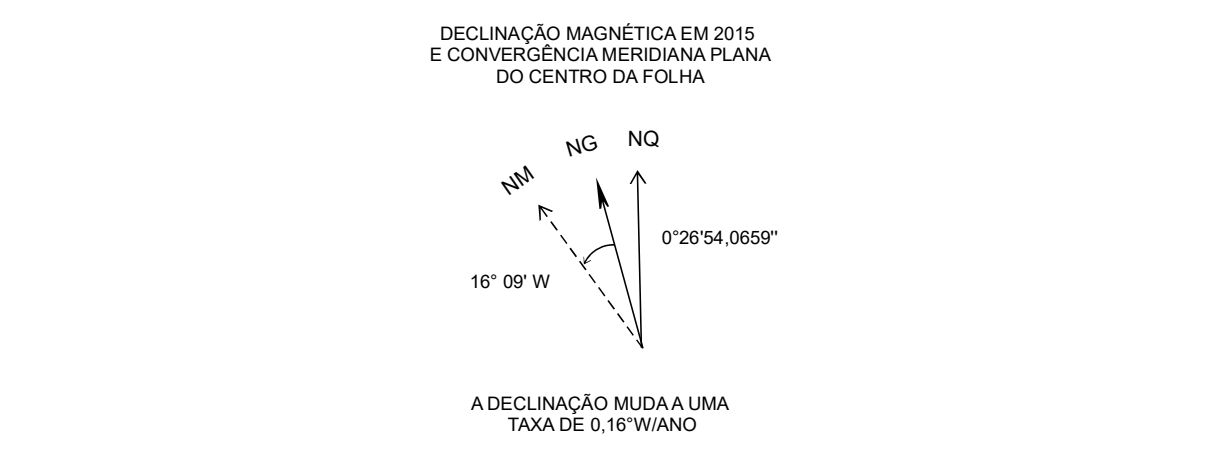
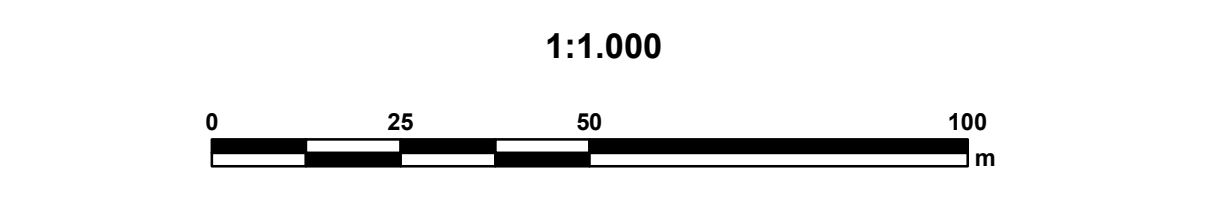
LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Curva de nível
- Limite da área de estudo

INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS



- Sistema de referência: SIRGAS2000
- Sistema de projeção: UTM (Universal Transversa de Mercator)
- Meridiano central: -51°
- Altitude ortométrica obtida através do modelo de ondulação geoidal MAPGE02015 (IBGE)
- Tamanho do GSD: 10cm
- Equidistância das curvas de nível: 1m
- Acurácia planimétrica: 0,19m
- Acurácia vertical: 0,22m
- Aquisição das imagens verticais: Outubro 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA**

Produto: Ortofotomapa da área de interesse histórico/cultural de Santo Amaro do Sul

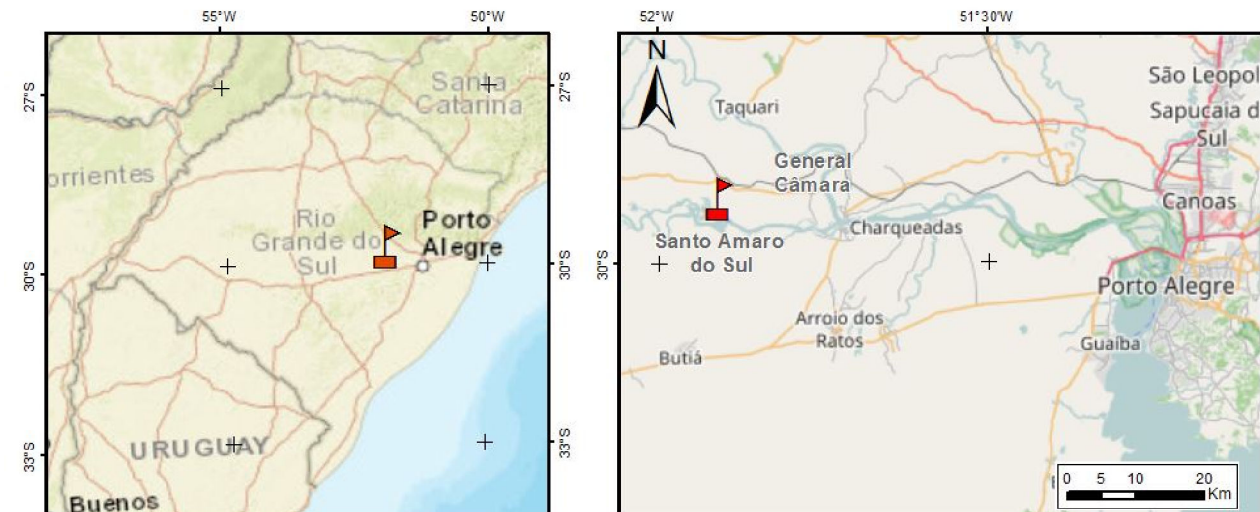
Local: Santo Amaro do Sul, General Câmara - RS	Data: Fevereiro 2017	Escala: 1:1000
Equipe Técnica: Bruno José Bonho Link Barbarbosa (Discente) Thiago Silva Pereira (Discente) Mário Luiz Lopes Reiss (Docente)		Folha: 1

APÊNDICE B – Ortofotomapa da Praça Central de Santo Amaro do Sul - RS

ORTOFOTOMAPA DA PRAÇA CENTRAL DE SANTO AMARO DO SUL - RS

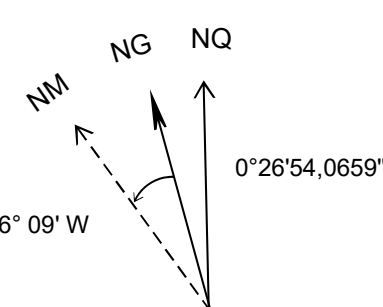


LOCALIZAÇÃO

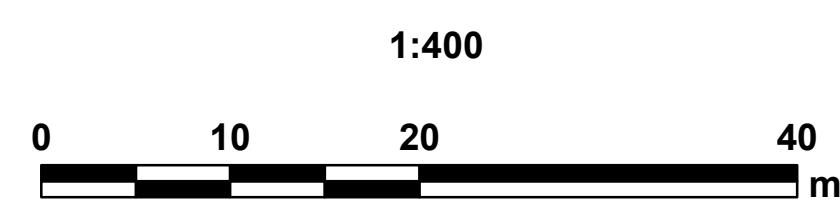


INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 2015
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA PLANA
DO CENTRO DA FOLHA



A DECLINAÇÃO MUDA A UMA
TAXA DE 0,16"/W/ANO



- Sistema de referência: SIRGAS2000
- Sistema de projeção: UTM (Universal Transversa de Mercator)
- Meridiano central: -51°
- Altitude ortométrica obtida através do modelo de ondulação geoidal MAPGEO2015 (IBGE)
- Tamanho do GSD: 10cm
- Equidistância das curvas de nível: 1m
- Acurácia planimétrica: 0,19m
- Acurácia vertical: 0,22m
- Aquisição das imagens verticais: Outubro 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA



Produto:
Ortofotomapa da Praça central de Santo Amaro do Sul

Local: Santo Amaro do Sul, General Câmara - RS	Data: Fevereiro 2017	Escala: 1:400
---	-------------------------	------------------

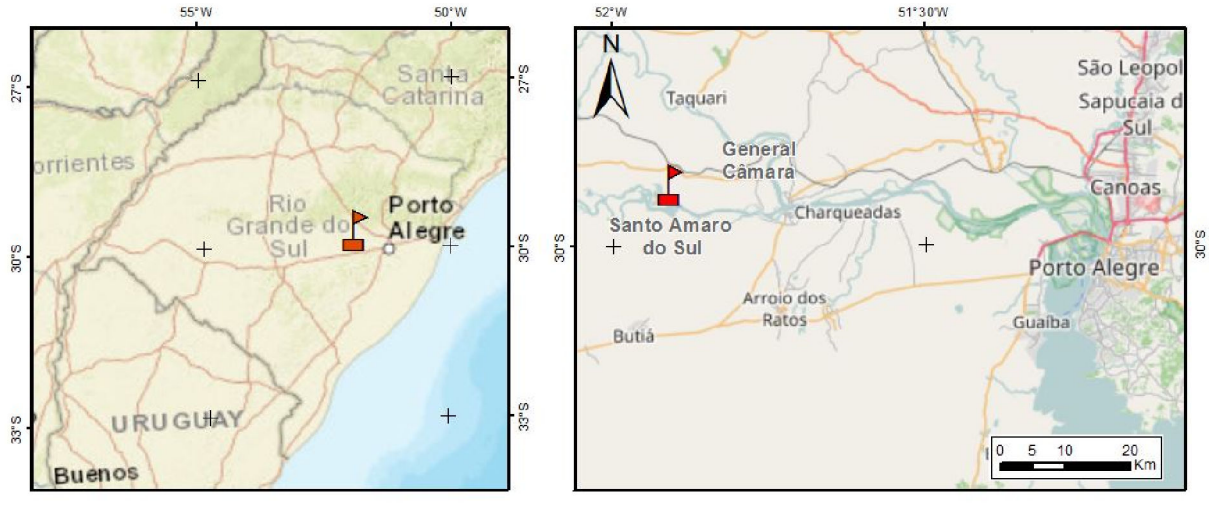
Equipe Técnica:
Bruno José Bonho Link Barbarbosa (Discente)
Thiago Silva Pereira (Discente)
Mário Luiz Lopes Reiss (Docente)

Folha:
2

APÊNDICE C – Mapa da Área de Interesse Histórico/Cultural de Santo Amaro do Sul – RS

MAPA DA ÁREA DE INTERESSE HISTÓRICO/CULTURAL DE SANTO AMARO DO SUL - RS

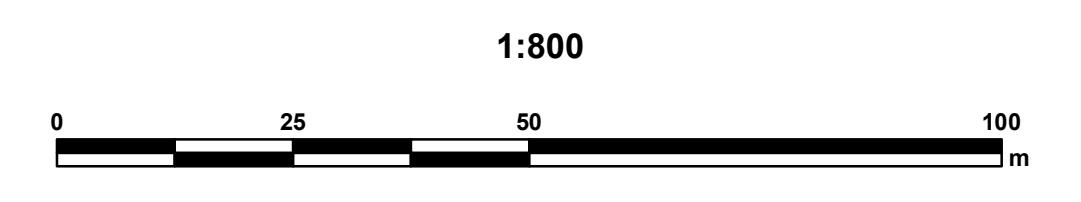
LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Edificações**
 - Tombado
 - Não tombado
- Limite de logradouro**
 - Meio-fio
 - Sem marcação
- Curva de nível
- Limite da área de estudo

INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS



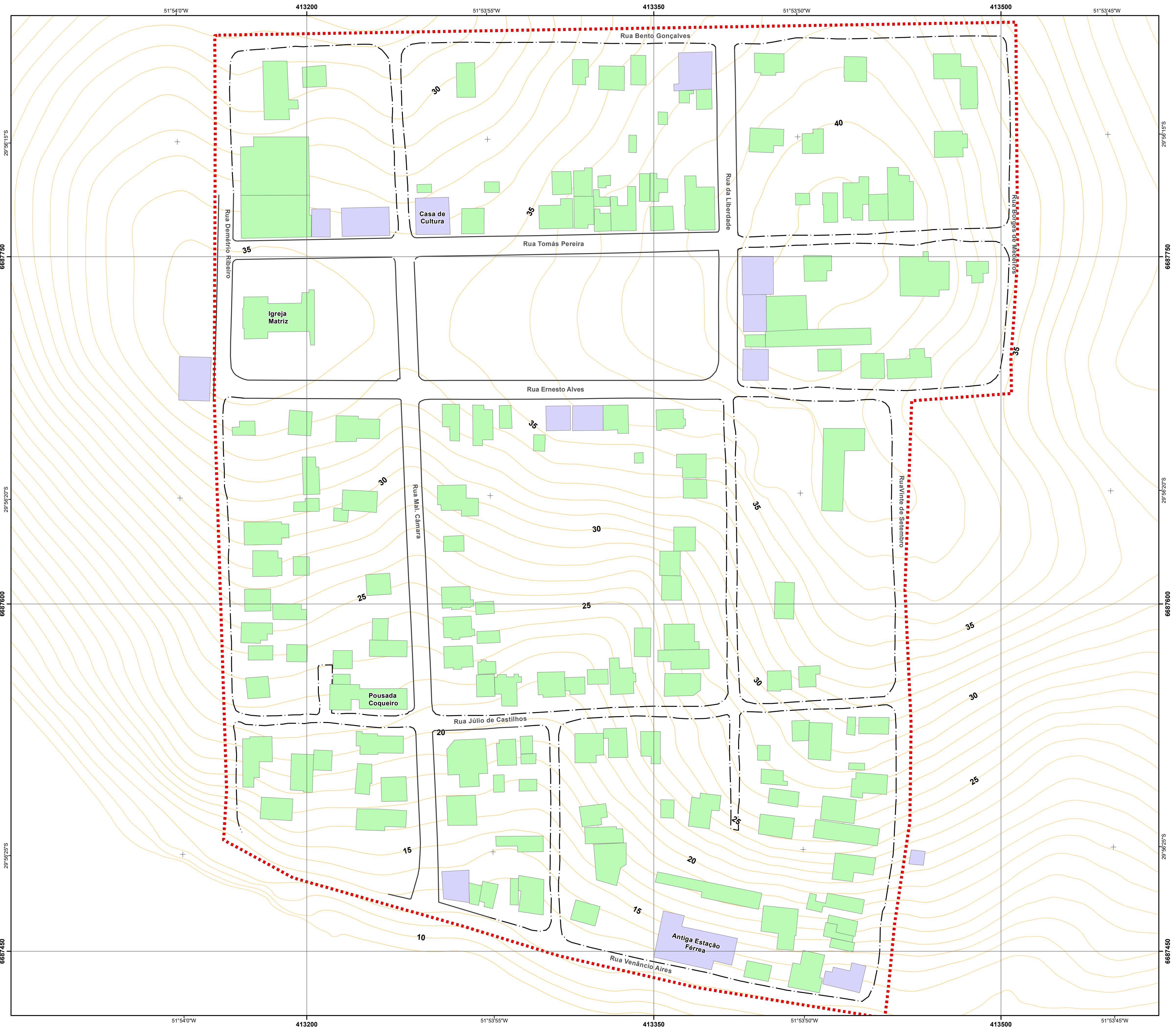
- Sistema de referência: SIRGAS2000
- Sistema de projeção: UTM (Universal Transversa de Mercator)
- Meridiano central: -51°
- Altitude ortométrica obtida através do modelo de ondulação geoidal MAPGE02015 (IBGE)
- Tamanho do GSD: 10cm
- Equidistância das curvas de nível: 1m
- Acurácia planimétrica: 0,19m
- Acurácia vertical: 0,22m
- Aquisição das imagens verticais: Outubro 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA**

Produto:
Mapa da área de interesse histórico/cultural de Santo Amaro do Sul



Local: Santo Amaro do Sul, General Câmara - RS	Data: Fevereiro 2017	Escala: 1:800
---	-------------------------	------------------

Equipe Técnica: Bruno José Bonho Link Barbarbosa (Discente) Thiago Silva Pereira (Discente) Mário Luiz Lopes Reiss (Docente)	Folha: 3
---	-------------



APÊNDICE D – Memorial descritivo do vértice de apoio GNSS

APÊNDICES

MEMORIAL DESCRITIVO		
MARCO DE APOIO GEODÉSICO		
Código do Vértice: -----		Tipo: Marco de centragem
Local: Eclusa de Amarópolis		Município/UF: General Câmara
Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000 Época4		Data das Observações GNSS: 14/10/15
COORDENADAS		
Coordenadas UTM Fuso 22 Sul	Coordenadas Geodésicas (Graus Decimais)	Desvio-Padrão Coord. Geodésicas
N: 6686926,245 m	Latitude (φ): 29°56'43,51339" S	$\delta(\varphi)$: 0,007m
E: 413696,286 m	Longitude (λ): 51°53'39,53919" W	$\delta(\lambda)$: 0,008m
MC: 51°W	Alt. Elipsoidal (h): 18,204 m	$\delta(h)$: 0,011m
Altitude Ortométrica (H): 12,184 m		
LOCALIZAÇÃO		
Fotografia do vértice	Fotografia aérea de localização	
		
Descrição: Localiza-se na parte superior do pórtico de entrada da sede da eclusa de Amarópolis materializada por pino de aço.		
Estações de referências utilizadas: Pelotas – RSPE Santa Maria – SMAR		Equipamento utilizado: Marca: Topcon Modelo: Hiper

APÊNDICE E – Relatório do ajustamento dos pontos de apoio (Bases)

Project Summary

Project name: Base.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 68 %

Number of adjusted points: 4

Number of plane control points: 2

Number of plane weighted points: 2

Number of used GPS vectors: 6

A posteriori plane UWE: 0,6588489 , Bounds: (0,7237058 , 1,21501)

Number of height control points: 2

A posteriori height UWE: 0,7392684 , Bounds: (0,5958188 , 1,282575)

Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,830	-460,185	10,749	0,001	0,001
Base_Eclusa-RSPE	-206340,307	-47891,348	18,876	0,042	0,056
Base_Eclusa-SMAR	22343,287	-176491,091	94,925	0,040	0,049
Base_Pousada-RSPE	-206980,132	-47431,151	8,150	0,043	0,055
Base_Pousada-SMAR	21703,455	-176030,882	84,188	0,037	0,051
RSPE-SMAR	228683,584	-128599,760	76,038	0,046	0,062

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,830	-460,185	10,749	0,001	0,001
Base_Eclusa-RSPE	-206340,307	-47891,348	18,876	0,042	0,056
Base_Eclusa-SMAR	22343,287	-176491,091	94,925	0,040	0,049
Base_Pousada-RSPE	-206980,132	-47431,151	8,150	0,043	0,055
Base_Pousada-SMAR	21703,455	-176030,882	84,188	0,037	0,051
RSPE-SMAR	228683,584	-128599,760	76,038	0,046	0,062

APÊNDICES

Control Points

Name	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)
RSPE	31°48'08,81800S	52°25'03,46280W	37,130
SMAR	29°43'08,12600S	53°42'59,73530W	113,112

Adjusted Points

Name	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)	Ground Northing (m)	Ground Easting (m)
Base_Eclusa	29°56'43,51339S	51°53'39,53919W	18,208	6686926,251	413696,317
Base_Pousada	29°56'22,61181S	51°53'56,51759W	28,957	6687566,080	413236,132

	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)	Combined Ground to Grid Scale Factor	Convergence
Base_Eclusa	0,010	0,018	0,020	0,027	0,9996890371960	0°26'47,2123
Base_Pousada	0,010	0,018	0,020	0,027	0,9996883332508	0°26'55,4049

APÊNDICE F – Relatório do ajustamento dos pontos de apoio

Project Summary

Project name: HV.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 25

Number of plane control points: 1

Number of plane weighted points: 2

Number of plane rejected weighted points: 1

Number of used GPS vectors: 48

A posteriori plane UWE: 1,423252 , Bounds: (0,8003278 , 1,199184)

Number of height control points: 2

A posteriori height UWE: 1,999652 , Bounds: (0,7244308 , 1,275147)

Name	Used GPS Observations			Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
	dN (m)	dE (m)	dHt (m)		
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,829	-460,185	10,752	0,001	0,001
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,825	-460,188	10,757	0,001	0,001
Base_Eclusa-HV02	784,119	-475,821	23,452	0,018	0,030
Base_Eclusa-HV03	920,417	-709,981	2,939	0,001	0,003
Base_Eclusa-HV04	877,581	-554,813	20,581	0,002	0,004
Base_Eclusa-HV05	1099,214	-526,973	1,701	0,002	0,004
Base_Eclusa-HV05	1099,194	-526,971	1,700	0,004	0,007
Base_Eclusa-HV06	1373,921	-652,981	-0,433	0,006	0,011
Base_Eclusa-HV07	1245,115	-550,580	-0,986	0,007	0,012
Base_Eclusa-HV08	1183,537	-295,540	15,917	0,005	0,012
Base_Eclusa-HV09	1189,636	133,441	33,256	0,001	0,002
Base_Eclusa-HV12	813,937	48,136	24,502	0,001	0,002
Base_Eclusa-HV14	1293,879	-223,531	21,484	0,007	0,016
Base_Eclusa-HV15	899,253	-163,206	19,831	0,007	0,017
Base_Eclusa-HV16	770,228	-271,031	28,991	0,002	0,003
Base_Eclusa-HV17	896,924	-461,984	17,339	0,003	0,007
Base_Eclusa-HV18	620,105	-476,179	9,794	0,002	0,004
Base_Eclusa-HV19	582,247	-313,014	14,135	0,001	0,003
Base_Eclusa-HV20	228,536	398,382	21,513	0,002	0,005

APÊNDICES

Base_Eclusa-HVB01	23,289	-128,786	-2,926	0,001	0,003
Base_Eclusa-HVB02	-11,266	-93,446	-2,716	0,002	0,003
Base_Eclusa-HVB03	-25,753	64,884	-3,051	0,002	0,003
Base_Eclusa-HVB04	-46,268	142,725	-3,306	0,001	0,002
Base_Pousada-HV01	158,380	106,126	16,218	0,003	0,005
Base_Pousada-HV02	144,284	-15,633	12,704	0,005	0,009
Base_Pousada-HV03	280,589	-249,801	-7,805	0,005	0,010
Base_Pousada-HV04	237,752	-94,627	9,866	0,002	0,004
Base_Pousada-HV05	459,382	-66,789	-9,015	0,006	0,010
Base_Pousada-HV05	459,359	-66,784	-9,038	0,005	0,008
Base_Pousada-HV06	734,088	-192,793	-11,194	0,005	0,008
Base_Pousada-HV07	605,281	-90,385	-11,778	0,006	0,012
Base_Pousada-HV08	543,709	164,648	5,207	0,004	0,007
Base_Pousada-HV09	549,807	593,630	22,500	0,002	0,004
Base_Pousada-HV10	276,399	658,201	12,852	0,002	0,004
Base_Pousada-HV12	174,106	508,331	13,767	0,005	0,009
Base_Pousada-HV13	632,379	450,661	14,886	0,012	0,018
Base_Pousada-HV14	654,033	236,646	10,786	0,010	0,023
Base_Pousada-HV15	259,420	296,982	9,100	0,003	0,009
Base_Pousada-HV16	130,401	189,148	18,248	0,006	0,011
Base_Pousada-HV17	257,095	-1,799	6,603	0,004	0,011
Base_Pousada-HV18	-19,722	-15,991	-0,981	0,003	0,004
Base_Pousada-HV19	-57,582	147,172	3,381	0,003	0,007
Base_Pousada-HV20	-411,293	858,567	10,747	0,010	0,014
Base_Pousada-HVB01	-616,539	331,403	-13,676	0,004	0,006
Base_Pousada-HVB02	-651,093	366,742	-13,477	0,003	0,006
Base_Pousada-HVB03	-665,573	525,068	-13,829	0,008	0,014
Base_Pousada-HVB04	-686,095	602,921	-14,088	0,006	0,012
HV03-HV16A	-150,191	438,950	26,051	0,001	0,003

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,829	-460,185	10,752	0,001	0,001
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,825	-460,188	10,757	0,001	0,001
Base_Eclusa-HV02	784,119	-475,821	23,452	0,018	0,030
Base_Eclusa-HV03	920,417	-709,981	2,939	0,001	0,003
Base_Eclusa-HV04	877,581	-554,813	20,581	0,002	0,004
Base_Eclusa-HV05	1099,214	-526,973	1,701	0,002	0,004
Base_Eclusa-HV05	1099,194	-526,971	1,700	0,004	0,007
Base_Eclusa-HV06	1373,921	-652,981	-0,433	0,006	0,011
Base_Eclusa-HV07	1245,115	-550,580	-0,986	0,007	0,012
Base_Eclusa-HV08	1183,537	-295,540	15,917	0,005	0,012
Base_Eclusa-HV09	1189,636	133,441	33,256	0,001	0,002
Base_Eclusa-HV12	813,937	48,136	24,502	0,001	0,002

APÊNDICES

Base_Eclusa–HV14	1293,879	-223,531	21,484	0,007	0,016
Base_Eclusa–HV15	899,253	-163,206	19,831	0,007	0,017
Base_Eclusa–HV16	770,228	-271,031	28,991	0,002	0,003
Base_Eclusa–HV17	896,924	-461,984	17,339	0,003	0,007
Base_Eclusa–HV18	620,105	-476,179	9,794	0,002	0,004
Base_Eclusa–HV19	582,247	-313,014	14,135	0,001	0,003
Base_Eclusa–HV20	228,536	398,382	21,513	0,002	0,005
Base_Eclusa–HVB01	23,289	-128,786	-2,926	0,001	0,003
Base_Eclusa–HVB02	-11,266	-93,446	-2,716	0,002	0,003
Base_Eclusa–HVB03	-25,753	64,884	-3,051	0,002	0,003
Base_Eclusa–HVB04	-46,268	142,725	-3,306	0,001	0,002
Base_Pousada–HV01	158,380	106,126	16,218	0,003	0,005
Base_Pousada–HV02	144,284	-15,633	12,704	0,005	0,009
Base_Pousada–HV03	280,589	-249,801	-7,805	0,005	0,010
Base_Pousada–HV04	237,752	-94,627	9,866	0,002	0,004
Base_Pousada–HV05	459,382	-66,789	-9,015	0,006	0,010
Base_Pousada–HV05	459,359	-66,784	-9,038	0,005	0,008
Base_Pousada–HV06	734,088	-192,793	-11,194	0,005	0,008
Base_Pousada–HV07	605,281	-90,385	-11,778	0,006	0,012
Base_Pousada–HV08	543,709	164,648	5,207	0,004	0,007
Base_Pousada–HV09	549,807	593,630	22,500	0,002	0,004
Base_Pousada–HV10	276,399	658,201	12,852	0,002	0,004
Base_Pousada–HV12	174,106	508,331	13,767	0,005	0,009
Base_Pousada–HV13	632,379	450,661	14,886	0,012	0,018
Base_Pousada–HV14	654,033	236,646	10,786	0,010	0,023
Base_Pousada–HV15	259,420	296,982	9,100	0,003	0,009
Base_Pousada–HV16	130,401	189,148	18,248	0,006	0,011
Base_Pousada–HV17	257,095	-1,799	6,603	0,004	0,011
Base_Pousada–HV18	-19,722	-15,991	-0,981	0,003	0,004
Base_Pousada–HV19	-57,582	147,172	3,381	0,003	0,007
Base_Pousada–HV20	-411,293	858,567	10,747	0,010	0,014
Base_Pousada–HVB01	-616,539	331,403	-13,676	0,004	0,006
Base_Pousada–HVB02	-651,093	366,742	-13,477	0,003	0,006
Base_Pousada–HVB03	-665,573	525,068	-13,829	0,008	0,014
Base_Pousada–HVB04	-686,095	602,921	-14,088	0,006	0,012
HV03–HV16	-150,191	438,950	26,051	0,001	0,003

Control Points

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)
Base_Eclusa	29°56'43,51357S	51°53'39,54036W	18,204
Base_Pousada	29°56'22,60200S	51°53'56,51876W	28,956

APÊNDICES

Adjusted Points

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Ground Northing (m)	Ground Easting (m)
Base_Pousada	29°56'22,60200S	51°53'56,51876W	28,956	6687566,382	413236,098
HV01	29°56'17,49405S	51°53'52,51427W	45,175	6687724,454	413342,224
HV02	29°56'17,92099S	51°53'57,05978W	41,660	6687710,358	413220,465
HV03	29°56'13,43349S	51°54'05,75367W	21,144	6687846,662	412986,304
HV04	29°56'14,86460S	51°53'59,97877W	38,802	6687803,825	413141,472
HV05	29°56'07,67225S	51°53'58,87556W	19,911	6688025,450	413169,313
HV06	29°55'58,71611S	51°54'03,49491W	17,765	6688300,163	413043,305
HV07	29°56'02,92646S	51°53'59,71326W	17,197	6688171,357	413145,710
HV08	29°56'04,99155S	51°53'50,21917W	34,151	6688109,782	413400,746
HV09	29°56'04,90209S	51°53'34,21770W	51,459	6688115,880	413829,728
HV10	29°56'13,80005S	51°53'31,88860W	41,808	6687842,472	413894,300
HV12	29°56'17,08508S	51°53'37,50841W	42,707	6687740,182	413744,422
HV13	29°56'02,18361S	51°53'39,52595W	43,843	6688198,452	413686,760
HV14	29°56'01,42558S	51°53'47,50151W	39,705	6688220,118	413472,750
HV15	29°56'14,26019S	51°53'45,36624W	38,051	6687825,494	413533,081
HV16	29°56'18,42412S	51°53'49,42558W	47,195	6687696,472	413425,254
HV17	29°56'14,25986S	51°53'56,51079W	35,548	6687823,169	413234,301
HV18	29°56'23,24866S	51°53'57,12106W	27,986	6687546,350	413220,107
HV19	29°56'24,51998S	51°53'51,04626W	32,339	6687508,492	413383,271
HV20	29°56'36,19020S	51°53'24,61421W	39,715	6687154,781	414094,667
HVB01	29°56'42,72440S	51°53'44,33740W	15,278	6686949,534	413567,500
HVB02	29°56'43,85587S	51°53'43,02925W	15,486	6686914,979	413602,840
HVB03	29°56'44,36656S	51°53'37,12762W	15,151	6686900,492	413761,169
HVB04	29°56'45,05266S	51°53'34,22997W	14,897	6686879,978	413839,011

	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)	Combined Ground to Grid Scale Factor	Convergence
Base_Pousada	0,007	0,008	0,011	0,019	0,99968833348	0°26'55,4054
HV01	0,010	0,012	0,016	0,029	0,99968556155	0°26'53,3370
HV02	0,011	0,012	0,017	0,032	0,99968637359	0°26'55,6118
HV03	0,010	0,011	0,015	0,027	0,99969009484	0°26'59,8902
HV04	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968699120	0°26'57,0272
HV05	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968989584	0°26'56,3787
HV06	0,011	0,012	0,016	0,030	0,99969050278	0°26'58,5622
HV07	0,011	0,012	0,017	0,032	0,99969037229	0°26'56,7322
HV08	0,010	0,012	0,016	0,030	0,99968716622	0°26'52,0217
HV09	0,010	0,011	0,015	0,027	0,99968353609	0°26'44,0341
HV10	0,010	0,012	0,016	0,028	0,99968491312	0°26'42,9917
HV12	0,010	0,011	0,015	0,027	0,99968509074	0°26'45,8412

APÊNDICES

HV13	0,017	0,016	0,023	0,044	0,99968503536	0°26'46,6467
HV14	0,012	0,013	0,017	0,038	0,99968614095	0°26'50,6170
HV15	0,010	0,012	0,016	0,032	0,99968627168	0°26'49,7252
HV16	0,010	0,011	0,015	0,027	0,99968506703	0°26'51,8079
HV17	0,010	0,012	0,016	0,029	0,99968730300	0°26'55,2879
HV18	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968851997	0°26'55,7148
HV19	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968748788	0°26'52,6996
HV20	0,010	0,012	0,016	0,028	0,99968481614	0°26'39,6622
HVB01	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968977140	0°26'49,5972
HVB02	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968966354	0°26'48,9594
HVB03	0,010	0,012	0,015	0,028	0,99968937879	0°26'46,0198
HVB04	0,010	0,012	0,015	0,027	0,99968925315	0°26'44,5824

APÊNDICE G – Relatório do ajustamento dos pontos de verificação (Bases)

Project Summary

Project name: Base_Controlo_Qualidade.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W
 Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint
 Confidence level: 68 %
 Number of adjusted points: 4
 Number of plane control points: 2
 Number of plane weighted points: 2
 Number of used GPS vectors: 14
 A posteriori plane UWE: 0,3261119 , Bounds: (0,8465617 , 1,132659)
 Number of height control points: 1
 Number of height weighted points: 1
 A posteriori height UWE: 1,607497 , Bounds: (0,7669301 , 1,187817)

Name	Used GPS Observations			Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
	dN (m)	dE (m)	dHt (m)		
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,015	10,552	0,001	0,001
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,016	10,561	0,001	0,001
Base_Eclusa-RSPE	-206340,291	-47891,328	18,920	0,047	0,051
Base_Eclusa-RSPE	-206340,290	-47891,329	18,954	0,049	0,049
Base_Eclusa-SMAR	22343,292	-176491,061	94,923	0,028	0,057
Base_Eclusa-SMAR	22343,283	-176491,054	94,795	0,043	0,047
Base_Pousada-RSPE	-206980,216	-47431,308	8,346	0,048	0,050
Base_Pousada-RSPE	-206980,207	-47431,331	8,374	0,034	0,062
Base_Pousada-RSPE	-206980,219	-47431,309	8,375	0,039	0,057
Base_Pousada-SMAR	21703,353	-176031,027	84,208	0,042	0,047
Base_Pousada-SMAR	21703,358	-176031,030	84,342	0,032	0,055
Base_Pousada-SMAR	21703,367	-176031,035	84,289	0,031	0,056
RSPE-SMAR	228683,569	-128599,722	75,890	0,050	0,058
RSPE-SMAR	228683,573	-128599,713	75,992	0,050	0,058

APÊNDICES

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,015	10,552	0,001	0,001
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,016	10,561	0,001	0,001
Base_Eclusa-RSPE	-206340,291	-47891,328	18,920	0,047	0,051
Base_Eclusa-RSPE	-206340,290	-47891,329	18,954	0,049	0,049
Base_Eclusa-SMAR	22343,292	-176491,061	94,923	0,028	0,057
Base_Eclusa-SMAR	22343,283	-176491,054	94,795	0,043	0,047
Base_Pousada-RSPE	-206980,216	-47431,308	8,346	0,048	0,050
Base_Pousada-RSPE	-206980,207	-47431,331	8,374	0,034	0,062
Base_Pousada-RSPE	-206980,219	-47431,309	8,375	0,039	0,057
Base_Pousada-SMAR	21703,353	-176031,027	84,208	0,042	0,047
Base_Pousada-SMAR	21703,358	-176031,030	84,342	0,032	0,055
Base_Pousada-SMAR	21703,367	-176031,035	84,289	0,031	0,056
RSPE-SMAR	228683,569	-128599,722	75,890	0,050	0,058
RSPE-SMAR	228683,573	-128599,713	75,992	0,050	0,058

Control Points

Name	Latitude	Longitude	Elevation (Datum) (m)
RSPE	31°48'08,81800S	52°25'03,46280W	37,130
SMAR	29°43'08,12600S	53°42'59,73530W	113,112

Adjusted Points

Name	Latitude	Longitude	Elevation (Datum) (m)	Ground Northing (m)	Ground Easting (m)
Base_Eclusa	29°56'43,51368S	51°53'39,54020W	18,230	6686926,242	413696,290
Base_Pousada	29°56'22,60908S	51°53'56,51225W	28,787	6687566,166	413236,275

	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)	Combined Ground to Grid Scale Factor	Convergence
Base_Eclusa	0,004	0,005	0,007	0,012	0,99968903374930	0°26'47,2128
Base_Pousada	0,004	0,005	0,007	0,012	0,99968835960217	0°26'55,4022

APÊNDICE H – Relatório do ajustamento dos pontos de verificação

Project Summary

Project name: Pontos_Control_Qualidade.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane, Constraint

Confidence level: 68 %

Number of adjusted points: 59

Number of plane control points: 2

Number of plane weighted points: 2

Number of used GPS vectors: 132

Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,015	10,567	0,001	0,001
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,017	10,551	0,001	0,001
Base_Eclusa-CON_01	9,755	32,453	-3,205	0,001	0,003
Base_Eclusa-CON_02	-28,801	110,200	-2,576	0,004	0,009
Base_Eclusa-CON_03	-31,743	20,931	-3,597	0,001	0,003
Base_Eclusa-CON_04	-21,415	-56,678	-2,661	0,001	0,003
Base_Eclusa-CON_06	833,985	-309,714	28,198	0,004	0,008
Base_Eclusa-CON_07	912,077	-186,667	21,924	0,004	0,007
Base_Eclusa-CON_08	929,109	-198,648	22,936	0,002	0,003
Base_Eclusa-CON_010	959,140	-186,560	19,507	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_011	958,424	-195,999	20,000	0,007	0,010
Base_Eclusa-CON_012	1022,365	-196,781	17,802	0,006	0,008
Base_Eclusa-CON_013	1107,723	-230,399	17,218	0,003	0,004
Base_Eclusa-CON_014	1259,050	-215,008	19,712	0,005	0,006
Base_Eclusa-CON_015	1201,939	-214,598	19,016	0,008	0,010
Base_Eclusa-CON_018	1198,820	-260,228	17,277	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_019	1155,299	-320,533	13,296	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_020	1080,321	-320,101	13,619	0,008	0,010
Base_Eclusa-CON_021	924,505	-310,728	24,766	0,009	0,012
Base_Eclusa-CON_024	868,838	-310,748	26,782	0,012	0,018

APÊNDICES

Base_Eclusa-CON_025	921,243	-526,271	17,018	0,008	0,012
Base_Eclusa-CON_026	886,591	-601,389	17,334	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_027	889,032	-678,035	8,752	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_028	1140,799	-543,561	0,793	0,008	0,016
Base_Eclusa-CON_029	1350,318	-561,874	0,929	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_030	1292,227	-494,461	0,925	0,002	0,003
Base_Eclusa-CON_031	1161,815	-71,832	26,664	0,007	0,012
Base_Eclusa-CON_50	515,706	-252,743	1,857	0,002	0,003
Base_Eclusa-CON_52	747,186	-687,287	0,600	0,011	0,029
Base_Eclusa-CON_53	571,700	-535,847	0,827	0,007	0,014
Base_Eclusa-CON_55	684,422	-444,636	13,416	0,006	0,010
Base_Eclusa-CON_56	911,740	-347,466	24,107	0,002	0,005
Base_Eclusa-CON_57	833,936	-416,552	23,018	0,004	0,010
Base_Eclusa-CON_58	832,578	-450,388	22,678	0,004	0,009
Base_Eclusa-CON_59	789,110	-477,945	23,933	0,004	0,011
Base_Eclusa-CON_60	795,570	-458,438	23,146	0,002	0,007
Base_Eclusa-CON_61	783,394	-436,759	23,246	0,007	0,014
Base_Eclusa-CON_61	783,298	-436,771	23,572	0,006	0,013
Base_Eclusa-CON_62	785,545	-384,441	25,055	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_62	785,532	-384,370	25,351	0,004	0,007
Base_Eclusa-CON_100	578,833	-438,449	4,090	0,008	0,013
Base_Eclusa-CON_101	537,177	-394,220	0,699	0,006	0,009
Base_Eclusa-CON_102	501,125	-78,599	-0,962	0,005	0,008
Base_Eclusa-CON_103	498,674	-66,787	-2,339	0,013	0,019
Base_Eclusa-CON_104	621,304	-495,725	9,550	0,003	0,007
Base_Eclusa-CON_105	549,652	-164,296	4,421	0,006	0,011
Base_Eclusa-CON_106	554,391	-249,631	9,420	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_107	588,428	-309,461	14,741	0,006	0,008
Base_Eclusa-CON_108	622,088	-316,307	15,438	0,003	0,004
Base_Eclusa-CON_109	552,335	-163,741	4,676	0,008	0,009
Base_Eclusa-CON_110	626,320	-243,249	19,523	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_111	751,922	-239,921	27,279	0,008	0,016
Base_Eclusa-CON_112	823,505	-187,265	24,269	0,068	0,115
Base_Eclusa-CON_113	825,370	-281,485	29,951	0,003	0,006
Base_Eclusa-CON_114	814,779	-187,861	24,140	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_118	762,208	-334,514	25,429	0,006	0,010
Base_Eclusa-CON_119	763,071	-298,796	26,716	0,004	0,009
Base_Eclusa-CON_120	826,318	-309,002	28,357	0,011	0,026
Base_Pousada-CON_06	194,054	150,297	17,664	0,006	0,011
Base_Pousada-CON_07	272,145	273,355	11,397	0,011	0,015
Base_Pousada-CON_08	289,181	261,371	12,383	0,004	0,007
Base_Pousada-CON_010	319,212	273,444	8,989	0,011	0,016
Base_Pousada-CON_011	318,498	264,004	9,455	0,007	0,011
Base_Pousada-CON_012	382,449	263,234	7,268	0,012	0,017
Base_Pousada-CON_013	467,798	229,619	6,670	0,008	0,014
Base_Pousada-CON_014	619,134	244,998	9,144	0,009	0,013

APÊNDICES

Base_Pousada-CON_015	562,008	245,403	8,467	0,017	0,018
Base_Pousada-CON_018	558,895	199,787	6,698	0,007	0,010
Base_Pousada-CON_019	515,376	139,470	2,760	0,004	0,006
Base_Pousada-CON_020	440,393	139,908	3,100	0,007	0,010
Base_Pousada-CON_021	284,580	149,294	14,282	0,013	0,026
Base_Pousada-CON_024	228,907	149,270	16,244	0,011	0,020
Base_Pousada-CON_025	281,328	-66,251	6,447	0,005	0,008
Base_Pousada-CON_026	246,667	-141,365	6,783	0,007	0,011
Base_Pousada-CON_027	249,119	-218,016	-1,783	0,007	0,012
Base_Pousada-CON_028	500,870	-83,545	-9,746	0,012	0,022
Base_Pousada-CON_029	710,392	-101,860	-9,605	0,004	0,010
Base_Pousada-CON_030	652,304	-34,444	-9,610	0,003	0,007
Base_Pousada-CON_031	521,887	388,187	16,124	0,005	0,010
Base_Pousada-CON_50	-124,217	207,281	-8,719	0,006	0,011
Base_Pousada-CON_52	107,256	-227,268	-9,981	0,012	0,032
Base_Pousada-CON_53	-68,224	-75,839	-9,731	0,014	0,029
Base_Pousada-CON_55	44,500	15,378	2,862	0,007	0,013
Base_Pousada-CON_56	271,815	112,540	13,542	0,005	0,009
Base_Pousada-CON_57	194,015	43,439	12,490	0,008	0,019
Base_Pousada-CON_58	192,650	9,627	12,104	0,008	0,020
Base_Pousada-CON_59	149,179	-17,925	13,393	0,007	0,023
Base_Pousada-CON_60	155,636	1,581	12,606	0,005	0,017
Base_Pousada-CON_61	143,377	23,248	13,013	0,008	0,017
Base_Pousada-CON_61	143,490	23,262	12,706	0,013	0,019
Base_Pousada-CON_62	145,593	75,652	14,816	0,009	0,017
Base_Pousada-CON_62	145,624	75,583	14,495	0,002	0,003
Base_Pousada-CON_100	-61,086	21,546	-6,427	0,006	0,010
Base_Pousada-CON_101	-102,761	65,791	-9,846	0,007	0,012
Base_Pousada-CON_102	-138,813	381,403	-11,495	0,005	0,009
Base_Pousada-CON_103	-141,243	393,253	-12,957	0,013	0,018
Base_Pousada-CON_104	-18,625	-35,706	-0,990	0,005	0,008
Base_Pousada-CON_105	-90,257	295,728	-6,139	0,007	0,011
Base_Pousada-CON_106	-85,545	210,379	-1,120	0,004	0,007
Base_Pousada-CON_107	-51,499	150,558	4,154	0,003	0,004
Base_Pousada-CON_108	-17,836	143,704	4,900	0,001	0,002
Base_Pousada-CON_109	-87,585	296,270	-5,880	0,004	0,005
Base_Pousada-CON_110	-13,614	216,771	8,959	0,002	0,004
Base_Pousada-CON_111	111,993	220,106	16,686	0,006	0,010
Base_Pousada-CON_112	183,579	272,781	13,743	0,022	0,038
Base_Pousada-CON_113	185,445	178,528	19,410	0,002	0,003
Base_Pousada-CON_114	174,857	272,163	13,582	0,002	0,004
Base_Pousada-CON_115	191,739	-68,276	12,356	0,004	0,009
Base_Pousada-CON_116	122,694	-62,377	13,413	0,011	0,024
Base_Pousada-CON_117	154,445	-75,510	13,866	0,002	0,004
Base_Pousada-CON_118	122,290	125,495	14,871	0,009	0,018
Base_Pousada-CON_119	123,147	161,228	16,190	0,005	0,012

APÊNDICES

Base_Pousada-CON_120	186,384	151,017	17,789	0,011	0,026
CON_06-CON_104	-212,678	-186,001	-18,662	0,011	0,021
CON_07-CON_101	-374,908	-207,552	-21,230	0,007	0,010
CON_010-CON_102	-458,024	107,956	-20,449	0,005	0,008
CON_011-CON_103	-459,744	129,195	-22,309	0,026	0,035
CON_013-CON_105	-558,057	66,105	-12,821	0,006	0,008
CON_013-CON_109	-555,382	66,657	-12,536	0,007	0,007
CON_014-CON_106	-704,674	-34,635	-10,278	0,006	0,009
CON_015-CON_106	-647,547	-35,030	-9,588	0,015	0,021
CON_018-CON_107	-610,394	-49,225	-2,549	0,006	0,009
CON_019-CON_108	-533,212	4,234	2,135	0,004	0,005
CON_025-CON_111	-169,322	286,364	10,214	0,016	0,024
CON_026-CON_112	-63,079	414,127	6,958	0,006	0,010
CON_027-CON_114	-74,252	490,175	15,402	0,004	0,006
CON_58-CON_118	-70,373	115,872	2,750	0,008	0,015
CON_58-CON_119	-69,513	151,598	3,987	0,007	0,015
CON_59-CON_120	37,220	168,969	4,503	0,009	0,021
CON_60-CON_120	30,741	149,428	5,165	0,006	0,019
CON_61-CON_62	2,249	52,330	1,474	0,005	0,010
CON_61-CON_62	2,135	52,388	2,106	0,005	0,010

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,015	10,567	0,001	0,001
Base_Eclusa-Base_Pousada	639,924	-460,017	10,551	0,001	0,001
Base_Eclusa-CON_01	9,755	32,453	-3,205	0,001	0,003
Base_Eclusa-CON_02	-28,801	110,200	-2,576	0,004	0,009
Base_Eclusa-CON_03	-31,743	20,931	-3,597	0,001	0,003
Base_Eclusa-CON_04	-21,415	-56,678	-2,661	0,001	0,003
Base_Eclusa-CON_06	833,985	-309,714	28,198	0,004	0,008
Base_Eclusa-CON_07	912,077	-186,667	21,924	0,004	0,007
Base_Eclusa-CON_08	929,109	-198,648	22,936	0,002	0,003
Base_Eclusa-CON_010	959,140	-186,560	19,507	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_011	958,424	-195,999	20,000	0,007	0,010
Base_Eclusa-CON_012	1022,365	-196,781	17,802	0,006	0,008
Base_Eclusa-CON_013	1107,723	-230,399	17,218	0,003	0,004
Base_Eclusa-CON_014	1259,050	-215,008	19,712	0,005	0,006
Base_Eclusa-CON_015	1201,939	-214,598	19,016	0,008	0,010
Base_Eclusa-CON_018	1198,820	-260,228	17,277	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_019	1155,299	-320,533	13,296	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_020	1080,321	-320,101	13,619	0,008	0,010
Base_Eclusa-CON_021	924,505	-310,728	24,766	0,009	0,012
Base_Eclusa-CON_024	868,838	-310,748	26,782	0,012	0,018
Base_Eclusa-CON_025	921,243	-526,271	17,018	0,008	0,012

APÊNDICES

Base_Eclusa-CON_026	886,591	-601,389	17,334	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_027	889,032	-678,035	8,752	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_028	1140,799	-543,561	0,793	0,008	0,016
Base_Eclusa-CON_029	1350,318	-561,874	0,929	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_030	1292,227	-494,461	0,925	0,002	0,003
Base_Eclusa-CON_031	1161,815	-71,832	26,664	0,007	0,012
Base_Eclusa-CON_50	515,706	-252,743	1,857	0,002	0,003
Base_Eclusa-CON_52	747,186	-687,287	0,600	0,011	0,029
Base_Eclusa-CON_53	571,700	-535,847	0,827	0,007	0,014
Base_Eclusa-CON_55	684,422	-444,636	13,416	0,006	0,010
Base_Eclusa-CON_56	911,740	-347,466	24,107	0,002	0,005
Base_Eclusa-CON_57	833,936	-416,552	23,018	0,004	0,010
Base_Eclusa-CON_58	832,578	-450,388	22,678	0,004	0,009
Base_Eclusa-CON_59	789,110	-477,945	23,933	0,004	0,011
Base_Eclusa-CON_60	795,570	-458,438	23,146	0,002	0,007
Base_Eclusa-CON_61	783,394	-436,759	23,246	0,007	0,014
Base_Eclusa-CON_61	783,298	-436,771	23,572	0,006	0,013
Base_Eclusa-CON_62	785,545	-384,441	25,055	0,002	0,004
Base_Eclusa-CON_62	785,532	-384,370	25,351	0,004	0,007
Base_Eclusa-CON_100	578,833	-438,449	4,090	0,008	0,013
Base_Eclusa-CON_101	537,177	-394,220	0,699	0,006	0,009
Base_Eclusa-CON_102	501,125	-78,599	-0,962	0,005	0,008
Base_Eclusa-CON_103	498,674	-66,787	-2,339	0,013	0,019
Base_Eclusa-CON_104	621,304	-495,725	9,550	0,003	0,007
Base_Eclusa-CON_105	549,652	-164,296	4,421	0,006	0,011
Base_Eclusa-CON_106	554,391	-249,631	9,420	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_107	588,428	-309,461	14,741	0,006	0,008
Base_Eclusa-CON_108	622,088	-316,307	15,438	0,003	0,004
Base_Eclusa-CON_109	552,335	-163,741	4,676	0,008	0,009
Base_Eclusa-CON_110	626,320	-243,249	19,523	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_111	751,922	-239,921	27,279	0,008	0,016
Base_Eclusa-CON_112	823,505	-187,265	24,269	0,068	0,115
Base_Eclusa-CON_113	825,370	-281,485	29,951	0,003	0,006
Base_Eclusa-CON_114	814,779	-187,861	24,140	0,003	0,005
Base_Eclusa-CON_118	762,208	-334,514	25,429	0,006	0,010
Base_Eclusa-CON_119	763,071	-298,796	26,716	0,004	0,009
Base_Eclusa-CON_120	826,318	-309,002	28,357	0,011	0,026
Base_Pousada-CON_06	194,054	150,297	17,664	0,006	0,011
Base_Pousada-CON_07	272,145	273,355	11,397	0,011	0,015
Base_Pousada-CON_08	289,181	261,371	12,383	0,004	0,007
Base_Pousada-CON_010	319,212	273,444	8,989	0,011	0,016
Base_Pousada-CON_011	318,498	264,004	9,455	0,007	0,011
Base_Pousada-CON_012	382,449	263,234	7,268	0,012	0,017
Base_Pousada-CON_013	467,798	229,619	6,670	0,008	0,014
Base_Pousada-CON_014	619,134	244,998	9,144	0,009	0,013
Base_Pousada-CON_015	562,008	245,403	8,467	0,017	0,018

APÊNDICES

Base_Pousada-CON_018	558,895	199,787	6,698	0,007	0,010
Base_Pousada-CON_019	515,376	139,470	2,760	0,004	0,006
Base_Pousada-CON_020	440,393	139,908	3,100	0,007	0,010
Base_Pousada-CON_021	284,580	149,294	14,282	0,013	0,026
Base_Pousada-CON_024	228,907	149,270	16,244	0,011	0,020
Base_Pousada-CON_025	281,328	-66,251	6,447	0,005	0,008
Base_Pousada-CON_026	246,667	-141,365	6,783	0,007	0,011
Base_Pousada-CON_027	249,119	-218,016	-1,783	0,007	0,012
Base_Pousada-CON_028	500,870	-83,545	-9,746	0,012	0,022
Base_Pousada-CON_029	710,392	-101,860	-9,605	0,004	0,010
Base_Pousada-CON_030	652,304	-34,444	-9,610	0,003	0,007
Base_Pousada-CON_031	521,887	388,187	16,124	0,005	0,010
Base_Pousada-CON_50	-124,217	207,281	-8,719	0,006	0,011
Base_Pousada-CON_52	107,256	-227,268	-9,981	0,012	0,032
Base_Pousada-CON_53	-68,224	-75,839	-9,731	0,014	0,029
Base_Pousada-CON_55	44,500	15,378	2,862	0,007	0,013
Base_Pousada-CON_56	271,815	112,540	13,542	0,005	0,009
Base_Pousada-CON_57	194,015	43,439	12,490	0,008	0,019
Base_Pousada-CON_58	192,650	9,627	12,104	0,008	0,020
Base_Pousada-CON_59	149,179	-17,925	13,393	0,007	0,023
Base_Pousada-CON_60	155,636	1,581	12,606	0,005	0,017
Base_Pousada-CON_61	143,377	23,248	13,013	0,008	0,017
Base_Pousada-CON_61	143,490	23,262	12,706	0,013	0,019
Base_Pousada-CON_62	145,593	75,652	14,816	0,009	0,017
Base_Pousada-CON_62	145,624	75,583	14,495	0,002	0,003
Base_Pousada-CON_100	-61,086	21,546	-6,427	0,006	0,010
Base_Pousada-CON_101	-102,761	65,791	-9,846	0,007	0,012
Base_Pousada-CON_102	-138,813	381,403	-11,495	0,005	0,009
Base_Pousada-CON_103	-141,243	393,253	-12,957	0,013	0,018
Base_Pousada-CON_104	-18,625	-35,706	-0,990	0,005	0,008
Base_Pousada-CON_105	-90,257	295,728	-6,139	0,007	0,011
Base_Pousada-CON_106	-85,545	210,379	-1,120	0,004	0,007
Base_Pousada-CON_107	-51,499	150,558	4,154	0,003	0,004
Base_Pousada-CON_108	-17,836	143,704	4,900	0,001	0,002
Base_Pousada-CON_109	-87,585	296,270	-5,880	0,004	0,005
Base_Pousada-CON_110	-13,614	216,771	8,959	0,002	0,004
Base_Pousada-CON_111	111,993	220,106	16,686	0,006	0,010
Base_Pousada-CON_112	183,579	272,781	13,743	0,022	0,038
Base_Pousada-CON_113	185,445	178,528	19,410	0,002	0,003
Base_Pousada-CON_114	174,857	272,163	13,582	0,002	0,004
Base_Pousada-CON_115	191,739	-68,276	12,356	0,004	0,009
Base_Pousada-CON_116	122,694	-62,377	13,413	0,011	0,024
Base_Pousada-CON_117	154,445	-75,510	13,866	0,002	0,004
Base_Pousada-CON_118	122,290	125,495	14,871	0,009	0,018
Base_Pousada-CON_119	123,147	161,228	16,190	0,005	0,012
Base_Pousada-CON_120	186,384	151,017	17,789	0,011	0,026

APÊNDICES

CON_06-CON_104	-212,678	-186,001	-18,662	0,011	0,021
CON_07-CON_101	-374,908	-207,552	-21,230	0,007	0,010
CON_010-CON_102	-458,024	107,956	-20,449	0,005	0,008
CON_011-CON_103	-459,744	129,195	-22,309	0,026	0,035
CON_013-CON_105	-558,057	66,105	-12,821	0,006	0,008
CON_013-CON_109	-555,382	66,657	-12,536	0,007	0,007
CON_014-CON_106	-704,674	-34,635	-10,278	0,006	0,009
CON_015-CON_106	-647,547	-35,030	-9,588	0,015	0,021
CON_018-CON_107	-610,394	-49,225	-2,549	0,006	0,009
CON_019-CON_108	-533,212	4,234	2,135	0,004	0,005
CON_025-CON_111	-169,322	286,364	10,214	0,016	0,024
CON_026-CON_112	-63,079	414,127	6,958	0,006	0,010
CON_027-CON_114	-74,252	490,175	15,402	0,004	0,006
CON_58-CON_118	-70,373	115,872	2,750	0,008	0,015
CON_58-CON_119	-69,513	151,598	3,987	0,007	0,015
CON_59-CON_120	37,220	168,969	4,503	0,009	0,021
CON_60-CON_120	30,741	149,428	5,165	0,006	0,019
CON_61-CON_62	2,249	52,330	1,474	0,005	0,010
CON_61-CON_62	2,135	52,388	2,106	0,005	0,010

Control Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)
Base_Eclusa	6686926,242	413696,29	18,23
Base_Pousada	6687566,166	413236,274	28,787

Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Ground Northing (m)	Ground Easting (m)
CON_01	6686935,996	413728,742	15,034	6686935,996	413728,742
CON_02	6686897,441	413806,490	15,663	6686897,441	413806,490
CON_03	6686894,499	413717,221	14,642	6686894,499	413717,221
CON_04	6686904,826	413639,612	15,578	6686904,826	413639,612
CON_06	6687760,224	413386,574	46,445	6687760,224	413386,574
CON_07	6687838,318	413509,623	40,168	6687838,318	413509,623
CON_08	6687855,350	413497,643	41,175	6687855,350	413497,643
CON_010	6687885,382	413509,729	37,747	6687885,382	413509,729
CON_011	6687884,665	413500,287	38,241	6687884,665	413500,287
CON_012	6687948,608	413499,508	36,045	6687948,608	413499,508
CON_013	6688033,963	413465,891	35,458	6688033,963	413465,891
CON_014	6688185,296	413481,283	37,947	6688185,296	413481,283
CON_015	6688128,179	413481,688	37,256	6688128,179	413481,688

APÊNDICES

CON_018	6688125,061	413436,061	35,508	6688125,061	413436,061
CON_019	6688081,542	413375,752	31,543	6688081,542	413375,752
CON_020	6688006,561	413376,186	31,874	6688006,561	413376,186
CON_021	6687850,747	413385,565	43,018	6687850,747	413385,565
CON_024	6687795,076	413385,544	45,028	6687795,076	413385,544
CON_025	6687847,490	413170,021	35,247	6687847,490	413170,021
CON_026	6687812,832	413094,902	35,573	6687812,832	413094,902
CON_027	6687815,275	413018,256	26,989	6687815,275	413018,256
CON_028	6688067,039	413152,729	19,037	6688067,039	413152,729
CON_029	6688276,559	413134,415	19,173	6688276,559	413134,415
CON_030	6688218,469	413201,829	19,168	6688218,469	413201,829
CON_031	6688088,054	413624,460	44,911	6688088,054	413624,460
CON_50	6687441,948	413443,547	20,094	6687441,948	413443,547
CON_52	6687673,425	413009,005	18,827	6687673,425	413009,005
CON_53	6687497,942	413160,441	19,065	6687497,942	413160,441
CON_55	6687610,664	413251,654	31,655	6687610,664	413251,654
CON_56	6687837,981	413348,822	42,343	6687837,981	413348,822
CON_57	6687760,178	413279,733	41,263	6687760,178	413279,733
CON_58	6687758,821	413245,901	40,924	6687758,821	413245,901
CON_59	6687715,348	413218,343	42,160	6687715,348	413218,343
CON_60	6687721,810	413237,853	41,391	6687721,810	413237,853
CON_61	6687709,582	413259,517	41,813	6687709,582	413259,517
CON_62	6687711,786	413311,866	43,290	6687711,786	413311,866
CON_100	6687505,077	413257,828	22,352	6687505,077	413257,828
CON_101	6687463,411	413302,068	18,940	6687463,411	413302,068
CON_102	6687427,359	413617,685	17,291	6687427,359	413617,685
CON_103	6687424,918	413629,512	15,875	6687424,918	413629,512
CON_104	6687547,544	413200,566	27,794	6687547,544	413200,566
CON_105	6687475,903	413531,997	22,647	6687475,903	413531,997
CON_106	6687480,626	413446,655	27,665	6687480,626	413446,655
CON_107	6687514,667	413386,832	32,955	6687514,667	413386,832
CON_108	6687548,330	413379,981	33,687	6687548,330	413379,981
CON_109	6687478,579	413532,546	22,916	6687478,579	413532,546
CON_110	6687552,556	413453,044	37,756	6687552,556	413453,044
CON_111	6687678,161	413456,377	45,487	6687678,161	413456,377
CON_112	6687749,753	413509,032	42,531	6687749,753	413509,032
CON_113	6687751,611	413414,803	48,200	6687751,611	413414,803
CON_114	6687741,022	413508,433	42,380	6687741,022	413508,433
CON_115	6687757,905	413167,998	41,149	6687757,905	413167,998
CON_116	6687688,860	413173,898	42,206	6687688,860	413173,898
CON_117	6687720,611	413160,764	42,659	6687720,611	413160,764
CON_118	6687688,450	413361,774	43,669	6687688,450	413361,774
CON_119	6687689,312	413397,498	44,955	6687689,312	413397,498
CON_120	6687752,558	413387,290	46,600	6687752,558	413387,290

APÊNDICES

	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)	Combined Ground to Grid Scale Factor	Convergence
CON_01	0,011	0,013	0,017	0,006	0,999689466	0°26'46,6029
CON_02	0,015	0,015	0,021	0,015	0,999689202	0°26'45,1778
CON_03	0,011	0,013	0,017	0,006	0,999689552	0°26'46,8417
CON_04	0,011	0,013	0,018	0,006	0,999689571	0°26'48,2807
CON_06	0,013	0,015	0,020	0,010	0,999685267	0°26'52,4905
CON_07	0,013	0,015	0,020	0,010	0,99968599	0°26'50,1543
CON_08	0,011	0,014	0,018	0,005	0,999685857	0°26'50,3673
CON_010	0,012	0,014	0,019	0,007	0,999686369	0°26'50,1248
CON_011	0,016	0,017	0,024	0,012	0,999686312	0°26'50,3010
CON_012	0,018	0,018	0,026	0,012	0,999686658	0°26'50,2780
CON_013	0,012	0,014	0,018	0,006	0,999686822	0°26'50,8537
CON_014	0,014	0,015	0,021	0,008	0,999686399	0°26'50,4786
CON_015	0,021	0,019	0,029	0,013	0,999686506	0°26'50,5045
CON_018	0,013	0,014	0,019	0,007	0,999686878	0°26'51,3555
CON_019	0,011	0,013	0,017	0,005	0,999687629	0°26'52,5035
CON_020	0,016	0,018	0,024	0,012	0,999687576	0°26'52,5394
CON_021	0,021	0,022	0,031	0,018	0,999685807	0°26'52,4562
CON_024	0,022	0,023	0,032	0,023	0,999685492	0°26'52,4892
CON_025	0,014	0,017	0,022	0,011	0,999687488	0°26'56,4701
CON_026	0,012	0,014	0,018	0,007	0,999687598	0°26'57,8887
CON_027	0,011	0,014	0,018	0,006	0,999689109	0°26'59,3140
CON_028	0,021	0,020	0,029	0,022	0,999690069	0°26'56,6629
CON_029	0,012	0,014	0,018	0,008	0,999690087	0°26'56,8805
CON_030	0,011	0,013	0,017	0,005	0,999689943	0°26'55,6600
CON_031	0,014	0,016	0,022	0,013	0,999685	0°26'47,8707
CON_50	0,011	0,014	0,017	0,005	0,99968928	0°26'51,6166
CON_52	0,021	0,025	0,033	0,035	0,99969041	0°26'59,5697
CON_53	0,016	0,023	0,028	0,020	0,999690048	0°26'56,8540
CON_55	0,014	0,018	0,023	0,013	0,999687877	0°26'55,0898
CON_56	0,012	0,014	0,018	0,007	0,999685992	0°26'53,1476
CON_57	0,014	0,015	0,021	0,015	0,999686309	0°26'54,4793
CON_58	0,013	0,014	0,019	0,011	0,999686435	0°26'55,1098
CON_59	0,013	0,016	0,020	0,015	0,9996863	0°26'55,6483
CON_60	0,011	0,014	0,018	0,010	0,999686379	0°26'55,2814
CON_61	0,013	0,014	0,019	0,012	0,999686266	0°26'54,8853
CON_62	0,011	0,013	0,017	0,004	0,999685922	0°26'53,9096
CON_100	0,015	0,018	0,023	0,013	0,999689323	0°26'55,0369
CON_101	0,014	0,016	0,021	0,010	0,999689764	0°26'54,2378
CON_102	0,013	0,015	0,020	0,008	0,999689349	0°26'48,3833
CON_103	0,024	0,025	0,035	0,020	0,999689546	0°26'48,1646
CON_104	0,012	0,015	0,019	0,008	0,999688592	0°26'56,0779
CON_105	0,014	0,015	0,021	0,010	0,999688691	0°26'49,9501
CON_106	0,012	0,014	0,018	0,006	0,999688086	0°26'51,5360
CON_107	0,012	0,014	0,018	0,006	0,999687384	0°26'52,6297

APÊNDICES

CON_108	0,011	0,013	0,017	0,004	0,999687283	0°26'52,7375
CON_109	0,013	0,015	0,019	0,007	0,999688648	0°26'49,9383
CON_110	0,011	0,014	0,017	0,005	0,999686489	0°26'51,3749
CON_111	0,016	0,017	0,024	0,013	0,999685269	0°26'51,2393
CON_112	0,016	0,021	0,027	0,017	0,99968562	0°26'50,2172
CON_113	0,011	0,013	0,017	0,005	0,999684932	0°26'51,9701
CON_114	0,011	0,013	0,017	0,005	0,999685645	0°26'50,2335
CON_115	0,016	0,016	0,023	0,015	0,999686566	0°26'56,5604
CON_116	0,029	0,031	0,042	0,041	0,999686388	0°26'56,4912
CON_117	0,011	0,014	0,018	0,007	0,999686345	0°26'56,7170
CON_118	0,015	0,016	0,022	0,013	0,999685756	0°26'52,9942
CON_119	0,012	0,014	0,019	0,011	0,999685478	0°26'52,3288
CON_120	0,015	0,017	0,022	0,019	0,999685242	0°26'52,4817