

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

GUSTAVO ROBERTO DE MORAIS MATIAS
MATHEUS PEREIRA GUZATTO
PABLO GUILHERME SILVEIRA

MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO CADASTRAL POR INTEGRAÇÃO DE IMAGENS
ADQUIRIDAS COM VANT A TÉCNICAS TRADICIONAIS

Porto Alegre

2015

GUSTAVO ROBERTO DE MORAIS MATIAS
MATHEUS PEREIRA GUZATTO
PABLO GUILHERME SILVEIRA

MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO CADASTRAL POR INTEGRAÇÃO DE IMAGENS
ADQUIRIDAS COM VANT A TÉCNICAS TRADICIONAIS

Projeto Cartográfico apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de bacharel em Engenharia Cartográfica.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha
Co-orientador: Prof. Dr. Mário Luiz Lopes Reiss

Porto Alegre
2015

GUSTAVO ROBERTO DE MORAIS MATIAS
MATHEUS PEREIRA GUZATTO
PABLO GUILHERME SILVEIRA

MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO CADASTRAL POR INTEGRAÇÃO DE IMAGENS
ADQUIRIDAS COM VANT A TÉCNICAS TRADICIONAIS

Projeto Cartográfico apresentado em forma de monografia ao Curso de Engenharia Cartográfica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Cartográfica.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a Msc. Adriane Brill Thum

Prof. Dr. Gilberto Gagg

Prof. Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha (Orientador)

Prof. Dr. Mário Luiz Lopes Reiss (Co-orientador)

Porto Alegre

2015

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Instituto de Geociências (IGEO), pela disponibilização dos equipamentos, recursos, e todos os anos de ensino que tornaram possíveis a execução deste trabalho e a formação acadêmica dos envolvidos.

Aos professores Mário Luiz Lopes Reiss e Ronaldo dos Santos da Rocha, pelas orientações e contribuições no ambiente acadêmico e nas atividades de campo.

Ao REUNI (Reestruturação e Expansão das Universidades Federais) pelos equipamentos utilizados.

Ao Laboratório de Pesquisas em Fotogrametria (LAFOTO), Laboratório de Cartografia Aplicada (LACAP) e ao Laboratório de Pesquisas em Geodésia (LAGEO) onde foram realizados os trabalhos.

Aos colegas de curso, amigos e demais professores que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e para a formação acadêmica dos envolvidos.

Por último, porém mais importante, às nossas respectivas famílias que incentivaram e acompanharam não só o desenvolvimento deste projeto, mas também a formação pessoal e acadêmica de cada um dos envolvidos neste Trabalho de Conclusão de Curso.

RESUMO

Por consequência de questões históricas e culturais, tanto as regiões brasileiras urbanas quanto as rurais enfrentam problemas graves de infraestrutura ou uso inadequado do solo. Porém, é possível reverter essa situação. No que diz respeito às regiões urbanas, a base de dados topográficos cadastrais, muitas vezes desatualizada ou inexistente, é um instrumento fundamental para a correta gestão do espaço territorial, sendo composta de informações geométricas e descritivas sobre as parcelas de terra. Com a base de dados topográficos cadastrais, é possível avaliar a ocupação e o uso do solo, podendo delimitar áreas de ocupação irregular, tributar de forma justa a propriedade privada, gerando retornos positivos para a sociedade, prever a melhor região para futuros investimentos de infraestrutura para atividades agrícolas, industriais ou para o desenvolvimento urbano. O mapeamento topográfico cadastral é o tema central deste trabalho. O trabalho foi efetuado com uso de veículo aéreo não tripulado (VANT). Os VANTs têm ganhado muita popularidade em diversas áreas, mas, seja de forma recreativa ou profissional, normalmente carregam uma câmera acoplada. Portanto, na área de mapeamento, é uma ferramenta com alto potencial para a aquisição de fotografias aéreas. Aliado à praticidade dos VANTs, há uma grande variedade de softwares capazes de processar fotografias, com a maioria de seus processos automatizados, sendo executados, muitas vezes, por leigos em Fotogrametria. Contudo, neste trabalho é demonstrado que, para o correto levantamento topográfico com uso de VANT, é necessária uma base sólida de conceitos de Fotogrametria, bem como o domínio de Geodésia e Topografia, para o processamento e a avaliação dos resultados obtidos. Devido à proibição do uso de VANTs em regiões urbanas, o trabalho foi desempenhado na região central da EEA da UFRGS, ambiente rural, porém contendo feições comuns a áreas urbanas. Além do VANT, os levantamentos foram realizados com equipamentos de posicionamento por satélite, equipamentos de medidas diretas no terreno e registro de informações descritivas. Os dados resultantes dos levantamentos foram processados e estruturados de forma a compor uma base topográfica cadastral. O resultado obtido, testado em controle de qualidade segundo a lei vigente para análise de exatidão cartográfica, foi de 0,163 m de exatidão planimétrica e 0,202 m de exatidão altimétrica. Conclui-se que os métodos aplicados de forma integrada puderam formar uma base de dados topográficos cadastrais, com exatidão posicional compatível com a sua finalidade.

Palavras-chave: Mapeamento Topográfico Cadastral; Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); Geodésia; Fotogrametria; Topografia; Cadastro Urbano.

ABSTRACT

In consequence of historical and cultural issues, both urban and rural regions of Brazil face serious infrastructure problems or inappropriate land use. However, it is possible to reverse this situation. With regards to urban areas, the cadastral survey database, often outdated or non-existent, is a key tool for the correct management of territorial space, consisting of geometric and descriptive information about land parcels. With the cadastral survey database, it is possible to assess the occupation and land use, define illegal occupation of areas, tax private property fairly, generating positive returns to society, to provide the best region for future infrastructure investments in agriculture, industry or urban development. The cadastral survey mapping is the central theme of this work. The work was done with unmanned aerial vehicle (UAV). UAVs have gained much popularity in many areas, but both recreational or professionally they usually carry a camera attached. Therefore, it is a tool with high potential for the acquisition of aerial photographs for mapping. Combined with practicality of UAVs, there are a variety of softwares which are able to process photographs, with most of their processes automated, run often by laymen in Photogrammetry. However, in this work it is demonstrated that for the correct topographic survey using UAV, a solid base of concepts of Photogrammetry is required as well as the domain of Geodesy and Surveying, for processing and evaluation of results. Due to prohibition of the use of UAVs in urban areas, the work was done in the central region of the UFRGS' EEA, rural environment, but containing features common to urban areas. In addition to the UAV, the surveys were conducted with satellite positioning equipment, direct measurements on the ground equipment and record of descriptive information. The data resulting from the surveys were processed and structured to obtain a cadastral survey database. The result, tested in quality control pursuant to existing law for cartographic accuracy analysis, was 0.163 m of planimetric accuracy and 0.202 m of altimetric accuracy. Finally, it was concluded that the methods used in an integrated manner could form a cadastral survey database, with positional accuracy compatible with its purpose.

Keywords: Cadastral Survey Mapping; Unmanned Aerial Vehicle (VANT); Geodesy; Photogrammetry; Topography; Urban Cadastre.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Localização da área de trabalho	18
Figura 1.2: Imagem aérea da área de trabalho.....	19
Figura 2.1: Diferença geométrica entre altitude elipsoidal e ortométrica:	22
Figura 2.2:Parâmetros da orientação exterior.....	30
Figura 2.3: Colinearidade entre os pontos nos espaços imagem e objeto	32
Figura 2.4: Ilustração do método polar.....	38
Figura 3.1: Fluxograma do trabalho	40
Figura 3.2: Levantamento fotogramétrico	41
Figura 3.3: Levantamento topográfico e pesquisa cadastral	42
Figura 3.4: Hyper Lite Plus	44
Figura 3.5: GR3	45
Figura 3.6: Marco M08 e receptor GNSS estacionado no mesmo.	46
Figura 3.7: Marco M09 e receptor GNSS estacionado no mesmo.	46
Figura 3.8: Alvo.....	47
Figura 3.9: <i>Spikes</i> fabricados para a fixação dos alvos em campo.....	48
Figura 3.10: Medição de um GCP	48
Figura 3.11: Pontos básicos junto às estações da RBMC utilizadas	49
Figura 3.12: Disposição dos GCPs	50
Figura 3.13: Pontos de apoio para a primeira poligonal.....	50
Figura 3.14: VANT Swinglet CAM	51
Figura 3.15: Software E-MO-TION com um plano de voo aberto	53
Figura 3.16: Medição de GCP	54
Figura 3.17: Medição de ponto de edificação.....	55
Figura 3.18: Estação total	56
Figura 3.19: Trena	56
Figura 3.20: Levantamento com a estação total	57
Figura 3.21: Medição de um ponto de ré.....	58
Figura 3.22: Levantamento com a trena eletrônica	58
Figura 3.23: Boletim de informações cadastrais usado em campo.....	60
Figura 3.24: Pontos medidos no Pix4D	62
Figura 3.25: Vetorização de feições	62

Figura 3.26: Edição das curvas de nível	63
Figura 4.1: Comparação da vegetação nos mosaicos	70
Figura 4.2: Comparação das edificações nos mosaicos.....	70
Figura 4.3: Ponto de estação total junto ao ortomosaico de 5 cm de resolução	71
Figura 4.4: Medição de um ponto para o controle de qualidade horizontal	75
Figura 4.5: Medição de um ponto para o controle de qualidade vertical	75
Figura 4.6: Pontos do mapa selecionados para o controle de qualidade	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Extensões e precisões da RRCM (Rede de referência cadastral municipal).	24
Tabela 2.2: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação.....	27
Tabela 3.1- Gastos diretos com mão de obra.....	64
Tabela 3.2: Gastos com equipamentos, infraestrutura e demais acessórios	65
Tabela 4.1: Coordenadas ajustadas dos marcos e precisões	66
Tabela 4.2: Coordenadas ajustadas dos pontos de apoio fotogramétrico e precisões	67
Tabela 4.3: Coordenadas ajustadas das estações da poligonal e precisões	68
Tabela 4.4: Coordenadas ajustadas das estações do levantamento topográfico e precisões	71
Tabela 4.5: Cálculo do fator de correção para a área total e área privativa.....	72
Tabela 4.6: Análise das áreas	73
Tabela 4.7: Análise da qualidade horizontal do trabalho	77
Tabela 4.8: Análise da qualidade vertical do trabalho.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
BIC - Boletim de Informações Cadastrais;
CAD - Computer-aided design;
CQ - Controle de Qualidade;
DSG - Diretoria de Serviço Geográfico;
EP - Erro Padrão;
FIG - Federation Internationale des Geometres;
GLONASS - Global Orbiting Navigation Satellite System;
GNSS - Global Navigation Satellite Systems;
GPS - Global Positioning System;
GSD - Ground Sample Distance;
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
IPTU - Imposto Predial Territorial Urbano;
LACAP - Laboratório de Cartografia Aplicada;
LAFOTO - Laboratório de Pesquisa em Fotogrametria;
MDT - Modelo Digital de Terreno;
MED - Medidores Eletrônicos de Distâncias;
MMQ - Método dos Mínimos Quadrados;
MP - Megapixel;
MVC - Matriz variância-covariância;
NBR - Normas Brasileiras Regulamentadoras;
OE - Orientação Exterior;
OI - Orientação Interior;
PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica;
PVG - Planta de Valores Genérica;
RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo;
RGM - Rede Geodésica Municipal
RRCM - Rede de referência cadastral municipal;
RRNN - Referências de Nível;
SGB - Sistema Geodésico Brasileiro;
SIG - Sistema Geográfico de Informações;
SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;

UAV - Unmanned Aerial Vehicle;

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

UTM - Universal Transversa de Mercator;

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado;

WGS84 - World Geographic System;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Considerações iniciais	14
1.2	Objetivos	16
1.3	Objetivos específicos.....	17
1.4	Justificativa.....	17
1.5	Área de trabalho	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Geodésia	20
2.1.1	Sistema geodésico brasileiro.....	20
2.1.2	Modelo de ondulação geoidal	21
2.1.3	Rede geodésica local.....	23
2.1.4	Posicionamento pelo GNSS.....	24
2.1.5	Posicionamento relativo estático	25
2.2	Fotogrametria	27
2.2.1	Fotogrametria digital	28
2.2.2	Orientações da câmara	28
2.2.3	Orientação interior	29
2.2.4	Orientação exterior	29
2.2.5	Fototriangulação	30
2.2.6	Ortofotocarta e ortomosaico	33
2.3	Topografia	34
2.3.1	Levantamento planimétrico	35
2.4	Ajustamento de observações pelo Método dos Mínimos Quadrados	35
2.5	Cadastro técnico	36
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1	Levantamento Geodésico	43

3.1.1	Materiais	43
3.1.2	Medição dos marcos geodésicos.....	46
3.1.3	Sinalização e medição dos GCPs.....	47
3.1.4	Medição dos pontos de apoio para o levantamento topográfico.....	48
3.1.5	Processamento dos dados	49
3.2	Levantamento fotogramétrico	51
3.2.1	Materiais	51
3.2.2	Voo fotogramétrico.....	52
3.2.3	Processamento dos dados	53
3.3	Levantamento topográfico.....	55
3.3.1	Medições das feições	57
3.3.2	Processamentos dos dados	58
3.4	Levantamento de informações cadastrais.....	59
3.5	Edição.....	61
3.5.1	Vetorização	61
3.5.2	Curvas de nível	62
3.6	Análise de custos	63
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
4.1	Levantamento geodésico	66
4.1.1	Rede Geodésica Local	66
4.1.2	Pontos de apoio do levantamento fotogramétrico aéreo.....	67
4.1.3	Pontos de apoio do levantamento topográfico convencional	68
4.2	Levantamento fotogramétrico	68
4.2.1	Aerotriangulação.....	69
4.2.2	Ortomosaico.....	69
4.3	Levantamento topográfico.....	70
4.4	Levantamento de informações cadastrais.....	72

4.5	Edição.....	74
4.6	Controle de qualidade.....	74
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
5.1	Conclusões	79
5.2	Recomendações	80
	REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

O trabalho está estruturado em 5 capítulos, os quais foram organizados da seguinte forma:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: apresenta as necessidades de uma organização governamental em ter suas bases cartográficas atualizadas e junto a elas um banco de dados topográficos cadastrais atualizado e confiável, apresenta os objetivos do projeto e como solucionar os problemas envolvidos no mesmo. Também é apresentada a área de estudo.

Capítulo 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: apresenta os principais conteúdos teóricos e práticos desenvolvidos durante o trabalho, principais conceitos para o entendimento do trabalho e os principais modelos matemáticos aplicados.

Capítulo 3 – MATERIAIS E MÉTODOS: apresenta os principais recursos (equipamentos, *softwares* e infraestrutura) utilizados, os métodos aplicados, para os levantamentos geodésico, topográfico, aerofotogramétrico e cadastral, e o orçamento.

Capítulo 4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS: apresenta as avaliações realizadas quantos às atividades desempenhadas ao longo do trabalho.

Capítulo 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES: exhibe os objetivos alcançados pelo trabalho, avalia o decorrer do mesmo e apresenta considerações e recomendações para trabalhos futuros.

1.1 Considerações iniciais

Os administradores públicos responsáveis pela gestão Municipal, Estadual ou Federal, enfrentam dificuldades referentes à regulamentação e planejamento do espaço urbano e rural, bem como no desenvolvimento de políticas socioeconômicas que visem o melhor uso e cobertura do solo. Logo, a organização deste espaço em que se vive e a correta utilização das áreas para quais os fins foram estipulados é de suma importância para a correta gestão e tomada de decisão dos gestores envolvidos. No entanto, o crescimento das áreas urbanas, no Brasil, não segue um ordenamento adequado, dificultando a execução de obras para cumprir as demandas de infraestrutura básica. O cadastro urbano é de fundamental importância para solucionar esses problemas, associando as informações físicas e sociais das feições existentes em uma cidade, com a sua localização geográfica. Para isso é necessário obter as informações pertinentes ao planejamento urbano das feições de interesse. São muitas as soluções que

podem atender aos diferentes tipos de cadastro, desde a obtenção de imagens orbitais, de sensores aéreos, ou medidas diretas de ângulos e distâncias (topografia convencional).

As imagens orbitais permitem identificar e classificar a cobertura e uso do solo, se tratando de um produto que atende escalas médias, por exemplo 1/25000. Entretanto, as informações mais detalhadas sobre a infraestrutura urbana não são possíveis de extrair de tais produtos. A técnica convencional de obtenção de informações em campo é o levantamento topográfico, que a partir de informações espaciais obtidas com medidas diretas de ângulos e distâncias ou ainda somente a medida de distâncias (levantamento a trena), aliadas as técnicas de posicionamento GNSS, obtêm-se todas as informações necessárias para a estruturação geométrica cadastral, mas tendo alto custo, pois o nível de detalhamento e a qualidade posicional são altos.

A utilização de fotografias aéreas ainda é questionável, pois muitos sensores são capazes de obter qualidade posicional que atende as diferentes aplicações cadastrais, referentes às informações métricas das edificações, mas essas informações são extraídas das coberturas das feições. No entanto, no levantamento cadastral urbano a área privativa deve estar contida dentro das paredes da edificação e com base nessa área é calculado o IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano), por exemplo.

Os VANT vieram a contribuir para a popularização da Fotogrametria uma vez que se tem facilidade de aquisição das imagens, baixo custo, alta resolução espacial, e, além disso, realizar o levantamento de pequenas áreas sem que seja necessário um grande dispêndio financeiro. Comparado ao aerolevanteamento convencional que é realizado com aeronaves que necessitam de piloto, pista para decolagem e pouso e demais custos envolvidos o aerolevanteamento com uso de VANT se torna uma saída economicamente viável para a aquisição de dados cadastrais de pequenas porções territoriais.

Segundo Tommaselli (2004), a Fotogrametria apresenta algumas vantagens sobre os processos de medição *in loco*, tanto para o mapeamento quanto para outras aplicações:

- A aquisição dos dados é rápida;
- As fotografias armazenam grandes quantidades de informações semânticas e geométricas;
- O objeto a ser medido não é tocado;
- As fotografias são documentos legais relativos à época de sua tomada;
- Podem ser medidos movimentos e deformações;

- A precisão pode ser aumentada de acordo com as necessidades particulares de cada projeto;
- Superfícies complicadas podem ser facilmente determinadas com a densidade desejada; e
- As fotografias podem ser medidas a qualquer momento que se desejar, podendo-se repetir a medida várias vezes.

No Brasil, ainda não existe lei ou normatização para o uso de VANT em áreas urbanizadas, logo a área de estudo foi selecionada de forma que o aerolevante não entrasse em desacordo com a legislação vigente. Além disso, cabe ressaltar que os VANT são pouco usados para atualização de dados cadastrais, pois ainda não se conhece a fundo as suas limitações e suas potencialidades. O presente trabalho pretende, com exemplo prático, testar as possíveis aplicações dos VANT para a geração de base de dados para o cadastro urbano e a comparação entre a metodologia proposta com a topografia convencional. A localidade escolhida para a realização do trabalho foi a Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por motivos logísticos, facilidade em realizar os levantamentos e obter os dados em campo. Tal localidade encontra-se em zona rural situada entre os centros urbanos de Arroio dos Ratos e Eldorado do Sul, a cerca de 50 km (cinquenta quilômetros) da capital, Porto Alegre - RS. Com o local de trabalho escolhido, o gestor público do local foi consultado, proporcionando, junto com a Universidade, todo o apoio estrutural para os trabalhos.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral realizar o mapeamento topográfico cadastral na parte central da Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS utilizando imagens adquiridas com VANT e técnicas tradicionais. Além disso, julga-se importante a comparação entre a área total edificada (levantadas por Fotogrametria aérea) e as áreas de uso privativo (levantadas por topografia convencional).

1.3 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram relacionados:

- Verificar a rede geodésica da EEA através de novos rastreamentos GNSS;
- Gerar mapa topográfico integrando os dados advindos das duas técnicas (fotogramétrica e topográfica convencional);
- Elaboração de Ortomosaico carta da EEA da UFRGS; e
- Avaliação do produto cartográfico final (controle de qualidade).

1.4 Justificativa

As atividades a serem executadas no decorrer dos trabalhos resultam em um cadastro técnico multifinalitário atualizado para os gestores da EEA, que servirá de suporte aos projetos de planejamento, infraestrutura e organização territorial. Os produtos resultantes poderão colaborar em diversas áreas integrantes da gestão, no planejamento da expansão de áreas construídas (e novas construções), manejo das áreas cultiváveis, além do gerenciamento das redes de água, esgoto, irrigação, elétrica, rede de drenagem, entre outras.

Para a correta realização de um cadastro técnico urbano se faz necessário o apoio de uma Rede Geodésica confiável. A mesma já existe (o que facilita os trabalhos) e é materializada por marcos que são uma densificação do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e estão localizados dentro da EEA. Esses marcos são usados como material para aulas práticas de algumas disciplinas ofertadas pelo curso de Engenharia Cartográfica da UFRGS.

Outro fato importante é que o uso do VANT aplicado ao mapeamento está se tornando popular, pois com o avanço da tecnologia ocorre o barateamento da plataforma, mas se os dados não forem manipulados de forma correta podem apresentar baixa qualidade nos seus resultados. Possivelmente, será uma técnica muito utilizada em levantamentos topográficos futuros, pois alia a alta produtividade da Fotogrametria, com uma maior precisão, devido à possibilidade do imageamento dos objetos a uma distância mais curta, e um custo mais baixo.

Considerando a realidade atual da Cartografia brasileira, há uma demanda muito grande de serviços na área de levantamentos para as mais diversas aplicações, como já

exposto anteriormente. Todos os levantamentos a serem executados no Projeto Cartográfico serão uma experiência prática do que há de necessidade.

1.5 Área de trabalho

O trabalho foi feito na parte central da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, onde se localiza a maior parte das feições urbanas. A Estação Experimental Agronômica fica localizada no lado oeste do município de Eldorado do Sul – RS (coordenadas da Sede 30° 05' 33,40" S e 51° 40' 20,53" W), no km 146 da BR-290, a uma distância de aproximadamente 50 km de Porto Alegre, conforme o marcador na Figura 1.1.

Figura 1.1: Localização da área de trabalho



Fonte: Google Maps, 2014

A Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS) é um órgão auxiliar da Faculdade de Agronomia, com uma área total de 1.560 hectares. A EEA também serve como laboratório de campo para aulas teóricas e práticas de várias disciplinas e de cursos promovidos pela Faculdade de Agronomia, Zootecnia, Veterinária e outras unidades da UFRGS, como por exemplo, o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), o Instituto de Geociências e a Escola de Engenharia.

A área onde foram feitos os levantamentos, Figura 1.2, possui aproximadamente 1 km² e nela há feições naturais e antrópicas, se destacando as edificações, que serão muito importantes na avaliação do método para um potencial uso em levantamentos cadastrais urbanos.

Figura 1.2: Imagem aérea da área de trabalho



Fonte: Google Maps, 2014.

O município de Eldorado do Sul faz parte da área de preservação do Delta do Jacuí e possui grande vocação para o turismo rural, devido à grande quantidade de fazendas e pousadas existentes no município e principalmente às paisagens existentes às margens do Rio Jacuí e do Lago Guaíba.

O município possui área total de 509,728 km², sendo destes 70,57% de área urbana e 29,43% de área rural. Com uma população total de 34.343 habitantes, Eldorado do Sul vêm atraindo empreendimentos imobiliários por conciliar a tranquilidade e qualidade de vida de uma pequena cidade à proximidade com a capital. No setor primário destacam-se o cultivo de arroz e pecuária.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

São descritos nesse capítulo, os conceitos empregados procurando o esclarecimento das definições teóricas aplicadas durante as atividades e que serviram de base para a realização dos procedimentos metodológicos aplicados. Logo, apresentam-se algumas definições usadas dentro das principais áreas de estudo da Engenharia Cartográfica (Ajustamento de Observações, Cadastro, Fotogrametria, Geodésia e Topografia) utilizadas no presente trabalho.

2.1 Geodésia

Geodésia é definida como a ciência que estuda a forma, dimensão e campo gravitacional da terra, as variações temporais tanto do campo gravitacional quanto das formas. A Geodésia pode ser dividida em três áreas: Geodésia Geométrica, Geodésia Física e Geodésia Celeste (GEMAEL, 1994).

2.1.1 Sistema geodésico brasileiro

Segundo o IBGE, o desenvolvimento do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), composto pelas redes planimétrica, altimétrica, e gravimétrica é dividido em duas fases: uma anterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais “GNSS” (*Global Navigation Satellite Systems* - Sistema Global de Navegação por Satélite) e outra posterior ao GNSS. Essa tecnologia possibilitou ao Brasil a expansão do SGB à região amazônica, servindo de apoio geodésico ao mapeamento daquela região.

A materialização da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) ocorreu por intermédio das estações instaladas em vários lugares do Brasil e que fazem o monitoramento contínuo, 24 horas por dia, e fornecem ao público (via site do IBGE) os arquivos de rastreamento dos receptores GNSS das estações. Além disso, os estados mantêm redes passivas, materializadas na forma de marcos com dispositivo de centragem forçada (onde o usuário deve instalar o receptor), todos eles, tanto os marcos quanto as estações monitoras têm como *datum* horizontal o SIRGAS2000 (que é compatível com o WGS84, *datum* usado nos programas de processamento GNSS).

Já o sistema altimétrico brasileiro é referenciado à superfície equipotencial dos mares não perturbados. 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, 2014).

2.1.2 Modelo de ondulação geoidal

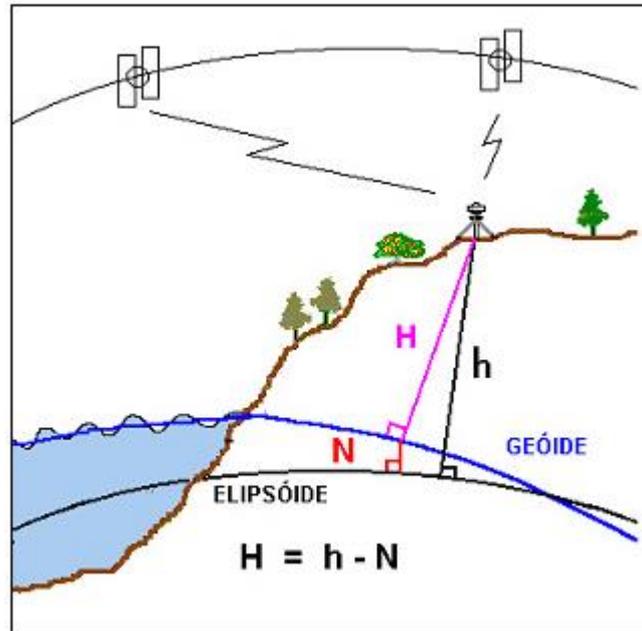
Com o uso crescente do sistema GNSS para o posicionamento global, também é interessante a obtenção de altitudes ortométricas com o uso desse mesmo sistema. Para que isso seja possível é necessário agregar às novas informações geodésicas para atualizar o modelo de ondulações geoidais. Possibilitando, então, aos usuários de GNSS converter as altitudes geométricas (referidas ao elipsoide) em ortométricas (referidas ao nível médio do mar) com uma melhor confiabilidade (IBGE, 2014).

É com este objetivo que o MAPGEO2010, foi criado. O modelo MAPGEO2010 foi calculado com uma resolução de 5' de arco, e o Sistema de Interpolação de Ondulações Geoidais foi atualizado. Através deste modelo, o usuário obtém a ondulação geoidal em um ponto ou conjunto de pontos, tanto no SIRGAS2000 quanto no SAD69 (*South American Datum*). (IBGE, 2014).

Para converter a altitude elipsoidal (h), obtida através de GNSS, em altitude ortométrica (H), utiliza-se a equação 3.1, a visualização geométrica do problema é apresentada na Figura 2.1.

$$H \approx h - N \quad (2.1)$$

Figura 2.1: Diferença geométrica entre altitude elipsoidal e ortométrica:



Fonte: IBGE, 2015.

Onde: N é a altura (ou ondulação) geoidal fornecida pelo programa MAPGEO2010, dentro da convenção que considera o geóide acima do elipsoide se a altura geoidal tiver valor positivo e abaixo em caso contrário. O sinal de aproximadamente na equação (2.1) é devido ao fato da vertical não coincidir com a normal, chama-se então de desvio da vertical o ângulo formado entre essas duas componentes (GEMAEL, 1994).

Segundo o IBGE, para avaliação do modelo MAPGEO2010 foram utilizadas 804 referências de nível que tiveram suas coordenadas geodésicas determinadas através de rastreamento GNSS. Então, foram calculadas as altitudes ortométricas (utilizando o MAPGEO2010) a partir das coordenadas advindas dos rastreamentos e posteriormente foram comparadas com as suas correspondentes no sistema altimétrico brasileiro obtendo-se a diferença entre as duas superfícies, resultando em um erro médio padrão de $\pm 0,32$ m para as áreas mais desenvolvidas do país. Isso significa que poderão ocorrer erros maiores que 0,32 m, em regiões onde não existem informações suficientes para a geração do modelo, como por exemplo, na região amazônica onde há uma deficiência de informações do nivelamento geométrico que subsidiem a avaliação do modelo. (IBGE, 2014)

2.1.3 Rede geodésica local

Conforme Blachut (1979), o estabelecimento de uma Rede Geodésica necessita de uma definição e materialização de controles horizontal e vertical, sendo que devem ser obtidos por métodos independentes. Podem ser definidos três estágios de implantação da rede de referência horizontal:

- Estágio 1: apoio de 1ª ordem com espaçamento de até 15 km;
- Estágio 2: apoio de 2ª ordem com espaçamento de até 3 km; e
- Estágio 3: apoio de 3ª ordem com espaçamento de até 400 m.

No caso brasileiro, a rede de apoio de 1ª ordem refere-se à uma densificação do SGB utilizando posicionamento por GNSS e tendo como *datum* horizontal o SIRGAS 2000.

A rede de 2ª ordem consiste na densificação da rede de 1ª ordem, e seu levantamento é realizado por poligonação, buscando-se uma geometria regular para a distribuição dos erros ser homogênea. Já os pontos da rede de 3ª ordem referem-se à uma densificação final da rede de 2ª ordem.

A rede de controle vertical também deve ser amarrada ao SGB. Os pontos de apoio da rede municipal que se deseja implantar devem, portanto, ser amarrados diretamente às referências de nível (RRNN) do *datum* vertical.

O nivelamento geométrico é normalmente utilizado para a implementação da rede, sendo realizado o contranivelamento para verificação do erro de fechamento e ajustamento. A rede altimétrica é classificada conforme os tópicos abaixo:

- 1ª ordem: com precisão de 1 mm/km e espaçamento de 2 a 4km;
- 2ª ordem: com precisão de 2 mm/km e espaçamento de 0,5 a 1 km; e
- 3ª ordem: com precisão de 4 mm/km e espaçamento de até 0,1 a 0,3 km.

De acordo com a NBR 13133, que trata da execução de levantamentos topográficos, as extensões máximas para planimetria e para a altimetria de uma rede de referência cadastral municipal são apresentadas na Tabela 2.1. Onde K é a distância nivelada em quilômetros (medida em um único sentido), (P) é poligonal principal, (S) é poligonal secundária.

Tabela 2.1: Extensões e precisões da RRCM (Rede de referência cadastral municipal).

Classe	Metodologia		Desenvolvimento				Nivelamento geométrico dos vértices	Materialização
	Angular	Linear	Extensão máxima (L)	Lado mínimo ($d_{\min.}$)	Lado médio ($d_{\text{méd.}}$)	Número máximo de vértices (N)		
I PRC	Método das direções com centragem forçada, três séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico Classe 2.	03 km (P)	100 m (P)	≥ 200 m (P)	16 (P)	12 mm \sqrt{K} (I N para principal)	Marcos ou pinos
			01 km (S)	50 m (S)	≥ 100 m (S)	11 (S)	16 mm \sqrt{K} (I N para secundária)	
II PRC	Método das direções: duas séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena aferida e aplicação de correções de dilatação, tensão, catenária e redução ao horizonte.	650 m	40 m	≥ 80 m	9	20 mm \sqrt{K} (II N)	Marcos ou pinos

Fonte: ABNT, 2004

2.1.4 Posicionamento pelo GNSS

Saber a localização de um ponto sobre o globo terrestre deslocar-se de um lugar ao outro sem errar o caminho e mapear o entorno de onde se vive sempre foi um dos desafios do ser humano. Antigamente as estrelas eram utilizadas como referencial na navegação noturna e o Sol para navegação diurna. No entanto as localizações obtidas eram aproximadas, mas alcançavam os objetivos para época. Com o advento da eletrônica, alguns sistemas de posicionamento foram desenvolvidos inicialmente baseados na utilização de ondas de rádio. Porém, esses sistemas possuíam algumas limitações de operação, como a não cobertura global, por exemplo, o Loran (*Long-Range Navigation System* – Sistema de Navegação de Longo Alcance).

De forma a melhorar a navegação e o posicionamento global, surgiram os sistemas baseados no uso de satélites artificiais, o primeiro deles foi o Navy Navigation Satellite System (NNSS), mais conhecido como Transit, cujas medidas eram baseadas no efeito Doppler (Seeber, 1993). Nesse sistema, as órbitas dos satélites eram muito baixas e não havia quantidade elevada destes equipamentos. Como consequência, não se tinha como obter

posições com muita frequência. Mesmo assim, o NNSS foi utilizado por muito tempo em posicionamento geodésico. No entanto, faltava uma solução que oferecesse boa precisão, facilidade de uso e custos acessíveis para os usuários (MONICO, 2008).

Surge então, na década de 1970 nos Estados Unidos da América (EUA), uma solução para este problema: o *Global Positioning System* (NAVSTAR-GPS). Paralelamente ao desenvolvimento e implantação do GPS, na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), nascia um sistema similar, o *Global Orbiting Navigation Satellite System* (GLONASS), sendo estes dois sistemas os mais usados e conhecidos mundialmente. Dessa forma, adotou-se um termo genérico para se referir a todos os sistemas de navegação por satélite, denominado *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS).

2.1.5 Posicionamento relativo estático

Existem diversos métodos de posicionamento pelo GNSS: o Posicionamento por Ponto Simples, Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), *Wide Area Differential GPS* (WADGPS), *Differential GPS* (DGPS), Posicionamento Relativo, entre outros. O Posicionamento Relativo é utilizado quando se requer coordenadas precisas e acuradas, sendo que o posicionamento relativo ainda se decompõe em: Estático Rápido, Semicinemático, Cinemático pós-processado e Cinemático em tempo real, apesar de poder ser realizado de diversas maneiras distintas, o Posicionamento Relativo usa o mesmo modelo matemático e físico, mudando apenas o tempo de rastreamento, o tipo de processamento e o estado do receptor (estático ou dinâmico).

No posicionamento relativo se usa dois ou mais receptores, sendo que pelo menos um receptor deve ocupar um ponto com coordenadas conhecidas (estação base), e o outro(s) ocupa(m) simultaneamente (a estação base) os pontos de interesse (estação móvel). No processamento dos dados as coordenadas dos pontos de interesse são determinadas a partir da obtenção dos componentes da linha-base formada entre o ponto conhecido (base) e o de interesse (*rover*). Atualmente no Brasil, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pode ser usada como base (usando uma ou mais estações bases no processamento), logo é necessário apenas um receptor para realizar o posicionamento relativo.

Segundo Monico (2008), o posicionamento relativo tem como modelo matemático o uso das duplas diferenças (DD) como observáveis fundamentais. Uma DD é a Simple Diferença entre duas Simple Diferenças (SD). A SD é uma combinação linear das

observáveis GNSS que, praticamente, elimina o erro do relógio e minimiza os demais erros e são formadas ou entre dois receptores ou por dois satélites ou ainda por duas épocas distintas. Por exemplo, uma Simples Diferença entre dois receptores (r_1 e r_2), supõe-se que estes rastreiam simultaneamente o mesmo satélite (s_1). A diferença entre as pseudodistâncias observadas ao mesmo tempo em duas estações é a simples diferença da pseudodistância. As observáveis GNSS originais utilizadas neste tipo de posicionamento podem ser:

- Pseudodistância;
- Fase da onda portadora; e
- Fase da onda portadora e pseudodistância.

Segundo Monico (2008), a equação de DD é normalmente a observável preferida nos processamentos de dados GNSS envolvendo a fase da onda portadora. Ela proporciona a melhor relação entre o ruído resultante da combinação entre as DD e a minimização dos erros sistemáticos envolvidos nas observáveis GNSS. Assim, são necessários dois ou mais receptores rastreando, simultaneamente, os mesmos satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de no mínimo 20 minutos até algumas horas, este tempo alto de rastreamento é para tentar solucionar todas as ambiguidades de maneira fixa. Quando se está trabalhando com a DD entre as fases das ondas portadoras. Os casos envolvendo períodos curtos de ocupação, até 20 minutos, são considerados como posicionamento estático rápido. Cabe citar ainda que existem técnicas de solução rápida da ambiguidade, que diminuem o tempo de ocupação, mas estes métodos não serão tratados aqui. A qualidade do posicionamento relativo está também diretamente ligada ao comprimento das linhas de base entre os receptores.

O IBGE apresenta em suas normativas recomendações para levantamentos GNSS utilizando a técnica de posicionamento relativo estático, conforme a Tabela 2.2. A mesma é baseada nos estudos do Instituto Geográfico Nacional da Espanha.

Tabela 2.2: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação

Linha de Base	Tempo de Observação	Equipamento Utilizado	Precisão
00 – 05 km	05 a 10 min	L1 ou L1/L2	05 a 10 mm + 1 ppm
05 – 10 km	10 a 15 min	L1 ou L1/L2	05 a 10 mm + 1 ppm
10 – 20 km	10 a 30 min	L1 ou L1/L2	05 a 10 mm + 1 ppm
20 – 50 km	02 a 03 hr	L1/L2	05 mm + 1 ppm
50 – 100 km	mínimo de 03 hr	L1/L2	05 mm + 1 ppm
> 100 km	mínimo de 04 hr	L1/L2	05 mm + 1 ppm

Fonte: IBGE (2008)

O posicionamento relativo ocorre quando as coordenadas do *rover* são determinadas com relação a um referencial materializado (base) por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. As coordenadas dos pontos conhecidos devem estar referenciadas ao SIRGAS2000. Neste caso, os elementos que compõem a linha-base (ΔX , ΔY e ΔZ) são estimados e, ao serem somados às coordenadas da estação-base, resultam as coordenadas do ponto desejado.

2.2 Fotogrametria

A origem da palavra Fotogrametria, segundo McGlone (2004), vem dos radicais gregos photon (luz), grafos (escrita) e metron (medições). Então, a Fotogrametria é a ciência que realiza medidas através de fotografias.

É importante destacar a divisão histórica da Fotogrametria (COELHO e BRITO, 2007):

- Fotogrametria pioneira (1840 a 1900): Com o descobrimento da Fotografia, por Nicéphore Niépce e Louis-Jacques Daguerre, em 1839, foi despertado o desejo de fazer medições por fotografias e durante esse período surgiu o termo Fotogrametria;
- Fotogrametria analógica (1901 a 1950): Período marcado pelo surgimento de câmaras métricas, aparelhos óptico-mecânicos, processo de aerotriangulação analógica, geração de cartas topográficas e pela criação da ISP (atual ISPRS);

- Fotogrametria analítica (1951 a 1990): Período no qual os cálculos fotogramétricos, que haviam sido substituídos pelos aparelhos mecânicos, passaram a ser feitos computacionalmente; e
- Fotogrametria digital (1990 aos dias atuais): Período em que a imagem digital é a fonte primária de dados, sendo ela obtida diretamente em meio digital ou digitalizada. Os avanços computacionais possibilitaram avanços grandes na Fotogrametria, ortofotos, fototriangulação e modelos de superfície obtidos automaticamente, mosaicos, entre outros.

2.2.1 Fotogrametria digital

O desenvolvimento de computadores com maior capacidade de processamento, permitiu que a Fotogrametria também evoluísse para a era digital, possibilitando o processamento de uma grande quantidade de dados e eliminando algumas etapas do processo analógico, como, por exemplo, a revelação das fotografias. Com isso, há um maior número de processos que passaram a ser realizados automaticamente pelos programas computacionais, diminuindo assim a interferência do operador.

Segundo Schenk (1999) a fotogrametria digital lida com imagens digitais em vez de fotografias reveladas. Apenas com a evolução dos computadores (*hardware e software*) tornou-se 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 digitalizadas por *scanner* ou são obtidas por câmara digital e passam a ser armazenadas em meio digital na forma de matriz onde cada elemento da matriz é chamado de pixel, o mesmo armazena um valor numérico que varia de 0-254 (para imagens de 8 bits), por exemplo. Quando ao processamento, o mesmo ocorre em estação fotogramétrica que é formada por computador, *display* (monitor), armazenamento (disco rígido) e interface com o usuário (*software*). Quanto aos resultados podem ser armazenados em meio digital ou impresso por *plotter*.

2.2.2 Orientações da câmara

As orientações em Fotogrametria consistem em procedimentos para a obtenção dos parâmetros para saber as condições em que foram tomadas as fotografias. Tanto na parte

interior da câmara (Orientação Interior) como também a localização do centro perspectivo em relação ao espaço objeto (Orientação absoluta) na hora exata da tomada da fotografia, sendo que nessa última podem ser usados os procedimentos de orientação relativa e absoluta, ANDRADE (1998).

2.2.3 Orientação interior

Orientação interior (OI) é a operação de recuperação da posição da fotografia em relação à câmara, dessa maneira é possível realizar a reconstrução do feixe perspectivo que gerou as fotografias, ANDRADE (1998).

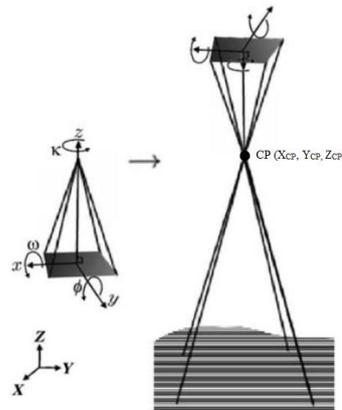
Hasegawa (2004) comenta que os erros da OI se dividem basicamente em três grupos: deformação do filme, distorção das lentes e refração atmosférica. Para mais detalhamento e tratamento dos erros envolvidos na OI ver Hasegawa (2004).

Brito e Coelho Filho (2007) afirmam que para a reconstrução do sistema interno da câmara no instante da tomada das fotografias usam-se as informações das coordenadas das imagens apenas em pixels, pois as fotografias obtidas não possuem informações métricas.

2.2.4 Orientação exterior

A orientação exterior (OE) é a determinação das posições (X_{CP} , Y_{CP} , Z_{CP}) e atitude (ângulos κ , ϕ , ω) do sensor em relação ao referencial do objeto no instante da tomada de cada fotografia. Para isso devem ser determinadas as coordenadas tridimensionais do centro perspectivo e os ângulos de rotação do sensor para cada fotografia, tendo-se então seis parâmetros de OE por foto, sendo eles: X_{CP} , Y_{CP} , Z_{CP} , κ , ϕ , ω esses parâmetros são ilustrados na Figura 2.2, à esquerda os ângulos de rotação e à direita a representação do centro perspectivo (CP) no sistema do objeto, ANDRADE (1998).

Figura 2.2: Parâmetros da orientação exterior.



Fonte: Adaptado de Brito e Coelho Filho (2007)

Para a realização da OE é necessário que se tenha pontos de apoio no sistema de coordenadas do objeto, que sejam pontos notáveis nas fotografias permitindo então que suas coordenadas sejam obtidas no sistema fotogramétrico. Atualmente, as câmaras usadas em fotogrametria podem ser acopladas a plataformas que possuem um sistema inercial (*Inertial Navigation System* – INS) 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. Se a qualidade dos parâmetros de OE advindos do INS resultar em uma precisão centimétrica, é dispensada a necessidade de pontos de apoio. Nos casos em que estes parâmetros não são de alta qualidade, são usados como orientação inicial das fotografias no processo de fototriangulação, diminuindo o tempo de escritório.

2.2.5 Fototriangulação

Lugnani (1987) conceitua Fototriangulação como um método de determinação das coordenadas dos pontos de interesse no espaço objeto e essa determinação é possível através da relação geométrica entre as fotografias adjacentes somados ao controle de campo, mediante pontos de apoio, e o conjunto de valores aproximados de parâmetros de orientação da fotografia.

O principal objetivo da Fototriangulação, segundo Andrade (1998), é fornecer coordenadas dos parâmetros necessários para a orientação de modelos fotogramétricos que serão utilizados na restituição ou na elaboração de ortofotos.

Os pontos usados no procedimento de fototriangulação são os pontos de ligação (*tie points*) e os pontos de apoio (*ground control points* - GCP). Esses pontos de Von Grüber devem estar localizados na região de sobreposição entre as fotografias. O mesmo se aplica quando se trata do bloco de fotografias, a disposição dos pontos de apoio deve ser nas extremidades do bloco e também nas junções entre as faixas. A quantidade de pontos de apoio depende do fator escolhido para a aplicação, podendo variar de um ponto a cada três, quatro ou cinco modelos (área de superposição longitudinal entre duas imagens consecutivas), ANDRADE (1998).

Após o planejamento da cobertura fotogramétrica (área que será levantada) se prossegue com o planejamento dos pontos de apoio (quantidade e distribuição). Existe a necessidade de se saber o número mínimo de pontos de apoio, adicionar um número de segurança para que seja possível a fototriangulação, mesmo que algum dos pontos possa ser excluído devido algum imprevisto ou erro associado. Deve-se ter confiança de que haverá todos os dados necessários para a realização da fototriangulação com qualidade, caso contrário terá que ser feito um novo aerolevanteamento.

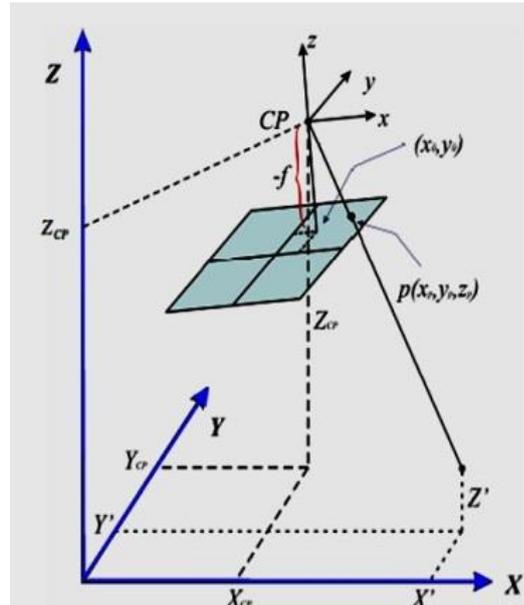
Geralmente os pontos de apoio são referenciados a um sistema de coordenadas que é compatível com outras fontes de dados oficiais (SIRGAS2000). Em um processo de fototriangulação os pontos envolvidos podem ser de três tipos: pontos de apoio (*ground control points* - GCP), de ligação (*tie points*) e das feições de interesse (pontos cujas coordenadas no espaço objeto são calculadas a partir das suas coordenadas no espaço imagem).

Segundo Brito e Coelho Filho (2007), a fototriangulação pode ser feita pelo Método dos Modelos Independentes ou pelo Método de Ajustamento por Feixes Perspectivos. No caso de fotografias aéreas, normalmente utiliza-se o termo aerotriangulação ou triangulação aérea.

O método de ajustamento por feixes perspectivos, conhecido também como *bundle block adjustment*, é caracterizado pelo fato de todas as imagens que compõem o espaço imagem terem suas coordenadas do centro perspectivo (CP) e os seus ângulos de atitude determinados e ajustados de forma conjunta e ao mesmo tempo. Quando esta operação é realizada em apenas uma imagem recebe a denominação de ressecção fotogramétrica. Dessa forma, com um só ajustamento, são obtidos os parâmetros da orientação exterior para todas as imagens do processamento, e às coordenadas no espaço-objeto de uma série de pontos medidos, anteriormente, sobre as imagens e de poucos pontos medidos *in loco*. É um método, portanto, que densifica os pontos de apoio (BRITO E COELHO FILHO, 2007).

O processo usa o método dos mínimos quadrados (MMQ) para minimizar a soma do quadrado dos resíduos, de forma que cada ponto de uma posição qualquer do espaço-objeto, passe o mais próximo possível de seu homólogo no espaço-imagem e do centro perspectivo (CP) formando uma linha (raio projetivo), usando as equações de colinearidade como é mostrado na Figura 2.2. (Coelho e Brito, 2007).

Figura 2.3: Colinearidade entre os pontos nos espaços imagem e objeto



Fonte: Reiss (2007)

Sendo:

- f : Distância focal da câmara;
- x_0, y_0 : Coordenadas do Centro Perspectivo (CP) no sistema da foto;
- x_p, y_p, z_p : Coordenadas do ponto na foto no sistema da foto;
- X_{CP}, Y_{CP}, Z_{CP} : Coordenadas do CP no sistema do terreno; e
- X', Y', Z' : Coordenadas do ponto no sistema do terreno.

Essa condição de colinearidade pode ser expressa pelas equações abaixo:

$$x = -f \frac{[r_{11}(Xp - Xcp) + r_{12}(Yp - Ycp) + r_{13}(Zp - Zcp)]}{[r_{31}(Xp - Xcp) + r_{32}(Yp - Ycp) + r_{33}(Zp - Zcp)]} \quad (2.2)$$

$$y = -f \frac{[r_{21}(Xp - Xcp) + r_{22}(Yp - Ycp) + r_{23}(Zp - Zcp)]}{[r_{31}(Xp - Xcp) + r_{32}(Yp - Ycp) + r_{33}(Zp - Zcp)]} \quad (2.3)$$

Sendo r_{im} o elemento da matriz de rotação (R), apresentada abaixo (equação 2.4), entre os sistemas x_p, y_p, z_p e $X'Y'Z'$ (este último é paralelo ao referencial da câmara).

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

A matriz de rotação (R) incorpora os ângulos chamados ângulos de atitude, que, juntamente com X_0, Y_0 e Z_0 , formam os parâmetros de orientação exterior a serem obtidos no ajustamento (BRITO E COELHO FILHO, 2007).

As funções de colinearidade, apesar de descreverem uma reta, não são lineares, logo o processo de ajustamento pelo MMQ ocorrerá de forma iterativa. Para isso, são necessárias aproximações iniciais dos valores das incógnitas. A cada iteração, os valores alcançados para as incógnitas, $\omega, \varphi, \kappa, X_0, Y_0$ e Z_0 , para a orientação exterior, e X, Y e Z , para as coordenadas dos pontos fotogramétricos, estarão mais próximos de seus valores ajustados e serão introduzidos novamente como parâmetros iniciais. O processo só acaba quando as diferenças entre os parâmetros iniciais e os calculados estejam dentro do limite desejado, isto é, de tolerâncias fixadas a priori (BRITO E COELHO FILHO, 2007).

2.2.6 Ortofotocarta e ortomosaico

Atualmente fotografias em meio digital, devidamente corrigidas, são utilizadas de subsídio para o mapeamento. Ou seja, a fotografia pode servir de base para a produção de mapas quando tratadas (ortorretificadas) e se forem adicionadas a alguns elementos básicos de um mapa (escala, grade de coordenadas, etc.), então passam a ser ortofotocarta.

No entanto as fotografias brutas não podem subsidiar a produção mapas de forma ideal. Isso decore da tomada da fotografia que representa uma realidade gerada a partir de uma projeção cônica central (de um ponto de visada), enquanto o mapa topográfico é gerado em projeção ortogonal à superfície mapeada (observador ao infinito).

Segundo Lima e Loch (1998), para que uma fotografia seja análoga a uma carta topográfica, a fotografia deveria atender às seguintes condições ideais:

- Verticalidade do eixo ótico da câmara fotogramétrica;
- Linha de voo horizontal, sem variações na altitude do voo entre as tomadas de fotografias; e

- Terreno plano e horizontal.

Essas condições ideais são impossíveis de serem executadas na realidade, logo, têm procedimentos de correção das fotografias como, por exemplo, a ortorretificação. A ortorretificação elimina as distorções relativas à atitude da câmara (ângulos de rotação), além de remover as distorções causadas pelo relevo da área fotografada, através de uma transformação geométrica da perspectiva cônica para a ortogonal.

Para a realização da ortorretificação é necessário às informações de inclinação, posição (parâmetros de OE) e distorção da câmara (parâmetros de OI) no instante da tomada das fotografias além de informações referentes ao terreno que são obtidas através de um modelo digital de terreno (MDT) da mesma área imageada.

Mosaico pode ser entendido como um conjunto de fotos de escala aproximada, de uma determinada região, unidas de tal forma que todo o conjunto passa a ser uma única fotografia. Atualmente este procedimento é realizado via *software* e quando se usam fotos ortorretificadas origina-se, o ortomosaico que ao ser somado a sua grade de coordenadas, escala e alguns elementos básicos de uma carta, passa a ser chamado de ortomosaico carta.

2.3 Topografia

Desde o princípio, o homem buscou conhecer o ambiente em que vivia. Questões de segurança, alimentação e orientação eram melhor compreendidas através de desenhos rudimentares que descreviam o meio. Com o passar do tempo, as guerras e as grandes construções exigiam um conhecimento mais específico sobre o terreno, isso alavancou o surgimento de técnicas e equipamentos de medição para a obtenção de dados para posterior representação. Desde então, a topografia é uma das ferramentas que atendem a esse propósito e segundo Espartel (1987), “a Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre.” A Norma Brasileira para Execução de Levantamento Topográfico - NBR13133 (1994, p. 3) define como:

“...conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica

numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados.”

2.3.1 Levantamento planimétrico

O levantamento planimétrico representa a posição gráfica posicional e quantitativa dos elementos levantados, não importando o relevo ou altitude dos pontos. É realizado através de poligonais, que são retas interligadas por pontos de apoio. Já no levantamento altimétrico está associado ao nivelamento geométrico, que define a altitude do ponto de interesse ao geoide ou a cota que é relativa a uma superfície de referência arbitrária.

A poligonal é realizada através do método de caminhamento, onde percorre-se um caminho definido por uma série de pontos, medindo-se todos os ângulos, lados e uma orientação inicial. Com esses dados e uma coordenada de partida conhecida, é possível calcular as coordenadas de todos os pontos desta poligonal e a partir dela, definir outros pontos de interesse aplicando o método da irradiação. Segundo a NBR 13133 (ABNT, 1994) as poligonais levantadas em campo poderão ser fechadas, enquadradas ou abertas.

“Poligonal fechada: parte de um ponto com coordenadas conhecidas e retorna ao mesmo ponto. Sua principal vantagem é permitir a verificação de erro de fechamento angular e linear.

Poligonal aberta: parte de um ponto com coordenadas conhecidas e acaba em um ponto cujas coordenadas deseja-se determinar. Não é possível determinar erros de fechamento, portanto devem-se tomar todos os cuidados necessários durante o levantamento de campo para evitá-los.”

Para o levantamento de uma poligonal é necessário ter no mínimo um ponto com coordenadas conhecidas e uma orientação. Segundo a NBR 13133 (ABNT, 1994 p.7):

“na hipótese do apoio topográfico vincular-se à rede geodésica (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB), a situação ideal é que pelo menos dois pontos de coordenadas conhecidas sejam comuns. Neste caso é possível, a partir dos dois pontos determinar um azimute de partida para o levantamento da poligonal.”

2.4 Ajustamento de observações pelo Método dos Mínimos Quadrados

O Ajustamento de Observações objetiva apresentar uma única solução para problemas onde o número de observações é redundante, ou seja, em sistemas de equações onde existem mais equações do que incógnitas (tendo-se, então, graus de liberdade). As várias medidas (observações) de uma mesma grandeza possuem seus valores ligeiramente diferenciados devido ao erro aleatório intrínseco ao equipamento e método de medida utilizado. E as diferenças entre estas observações e as grandezas resultantes do ajustamento (consideradas como “verdadeiras”) constituem os resíduos. Conclui-se que quanto menor for à magnitude dos resíduos, mais próximos os valores observados (medidos) estarão da grandeza considerada como “verdadeira” (entre aspas, pois toda a grandeza tem um erro associado à si, logo não se pode dizer que o valor observado é, de fato, o valor real).

Deste modo, para estimar uma solução única para um sistema redundante de equações utiliza-se o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), desenvolvido de forma independente pelos matemáticos Gauss, em 1795, e Legendre, em 1805, e que faz parte da resolução de problemas comuns aos geodestas. Através da aplicação do MMQ, encontra-se a solução que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos. Explicação detalhada do método e de suas variantes (paramétrico, combinado e dos correlatos) pode ser encontrada em Gemael (1994).

Após ter calculado o vetor dos resíduos é possível aplicar testes estatísticos que localizam as observações suspeitas de estarem contaminadas por outras formas de erros não aleatórios (Teste *Data Snooping*). Ainda é possível saber se o modelo matemático e estocástico corresponde a realidade que se deseja modelar, aplicando o Teste Global do Ajustamento. Se os testes estatísticos supracitados indicarem que o ajustamento obteve sucesso (com certo grau de confiança e poder do teste) calcula-se os desvios-padrão dos parâmetros estimados.

As aplicações do MMQ estão presentes em muitas atividades geodésicas. Como por exemplo, no posicionamento GNSS, no ajuste de uma rede de nivelamento, na poligonação, na aerotriangulação, no georreferenciamento de imagens, etc.

2.5 Cadastro técnico

Segundo (FIG, 1995), o cadastro é um sistema de informações da terra para o desenvolvimento socioeconômico, sendo composto por um pacote que contém o registro de interesses da terra, ou seja, os direitos, as restrições e as responsabilidades do proprietário. Além disso, é um sistema de informações que anexa às descrições geométrica das parcelas de

terra, outras características que descrevem a natureza dos interesses da propriedade ou controle desta, dentre outras. Pode ser estabelecido para fins fiscais (recolhimento e cálculo de imposto territorial), para efeitos legais (transferência de propriedade e registro de imóveis regulares ou irregulares), para auxiliar na gestão do uso da terra (planejamento), permitindo, então, o desenvolvimento sustentável e proteção ambiental.

Segundo (Loch ,2007), o cadastro, para atender os requisitos supracitados, deve ser multidisciplinar. Sendo assim, um cadastro completo deve ter quatro pilares: o fiscal, o geométrico, o legal e o socioeconômico. Então ele será composto por conjuntos de informações tanto gráficas quanto descritivas.

Alguns itens são básicos para a existência e manutenção do Cadastro Técnico, (PHILIPS, 1996):

- Carta de Cadastro Imobiliário ou Planta Cadastral: planta que representa a situação geométrica de uma propriedade em relação às demais;
- Base métrica: registro do levantamento técnico, apresentando as medições, listas de coordenadas, cálculos, croquis e demarcações;
- Registro de Parcelas: registro público das parcelas e lotes; e
- Registro de Proprietário e direitos: registro legal dos proprietários e obrigações do Registro Geral de Imóveis.

Todos os dados do levantamento devem estar referenciados à parcela (unidade básica do Cadastro). Já o lote é uma subdivisão de uma quadra, muitas vezes confundido com a parcela. O registro de imóveis legitima a propriedade do imóvel, garantindo os direitos do proprietário (LOCH, 2007).

Para auxiliar os cadastradores, é gerada uma ficha a ser preenchida durante os levantamentos cadastrais, o BIC (Boletim de Informação Cadastral). O BIC é um documento onde são registradas as características do imóvel que são usadas para o cálculo e lançamento dos tributos imobiliários. O BIC deve conter campos suficientes para os registros de informações previstas no cadastro proposto pelo município e cada imóvel, obrigatoriamente, deve ter o seu BIC preenchido de maneira muito clara (CEPAM, 1991).

Para o levantamento geométrico das edificações que estão sendo cadastradas é necessário que sejam utilizados métodos eficazes e acurados, pois é com base nesses dados de campo que serão elaborados os produtos que geram um cadastro urbano ou rural. Através das medidas das parcelas (e o correto referenciamento entre elas e posterior amarração à Rede de

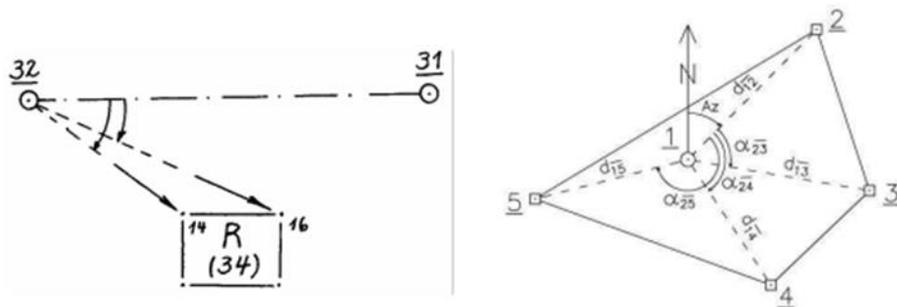
Referencia Cadastral Municipal) é que surgem a Carta de Cadastro Imobiliário ou as Plantas Cadastrais que ao serem cruzadas com as informações advindas do BIC dão origem a Planta de Valores Genéricos (PVG). Nos levantamentos cadastrais os cadastradores se utilizam basicamente de três métodos para a medição das propriedades:

- Método de alinhamento;
- Método ortogonal; e
- Método polar.

Para a realização do método polar são levantados ângulos (direções) e distâncias de pontos de interesse a partir de um ponto com coordenadas conhecidas. Deve-se, inicialmente, ter uma direção de referência para a medição das coordenadas polares de cada novo ponto. Este método é usado na irradiação, amplamente utilizado nos levantamentos topográficos (HASENACK, 2000). A

Figura 2.4 ilustra tal metodologia.

Figura 2.4: Ilustração do método polar.



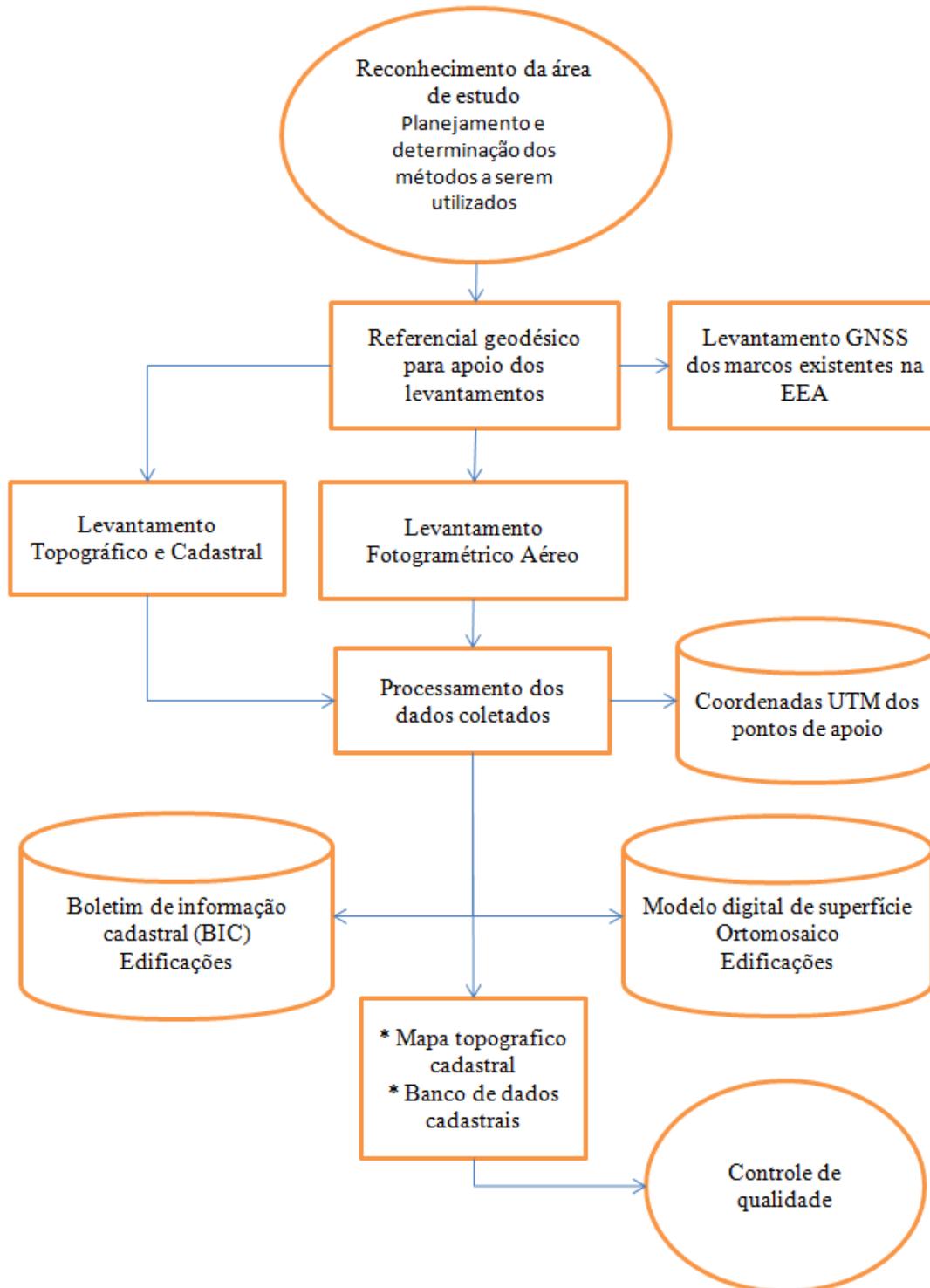
Fonte: Hasenack, 2000

Para a execução do método polar são necessários: balizas, trena, nível da cantoneira, marreta, piquetes, pregos, medidores de ângulos (teodolitos) e distâncias (trenas, distanciômetros eletrônicos), ou Estação Total, capaz de realizar ambas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

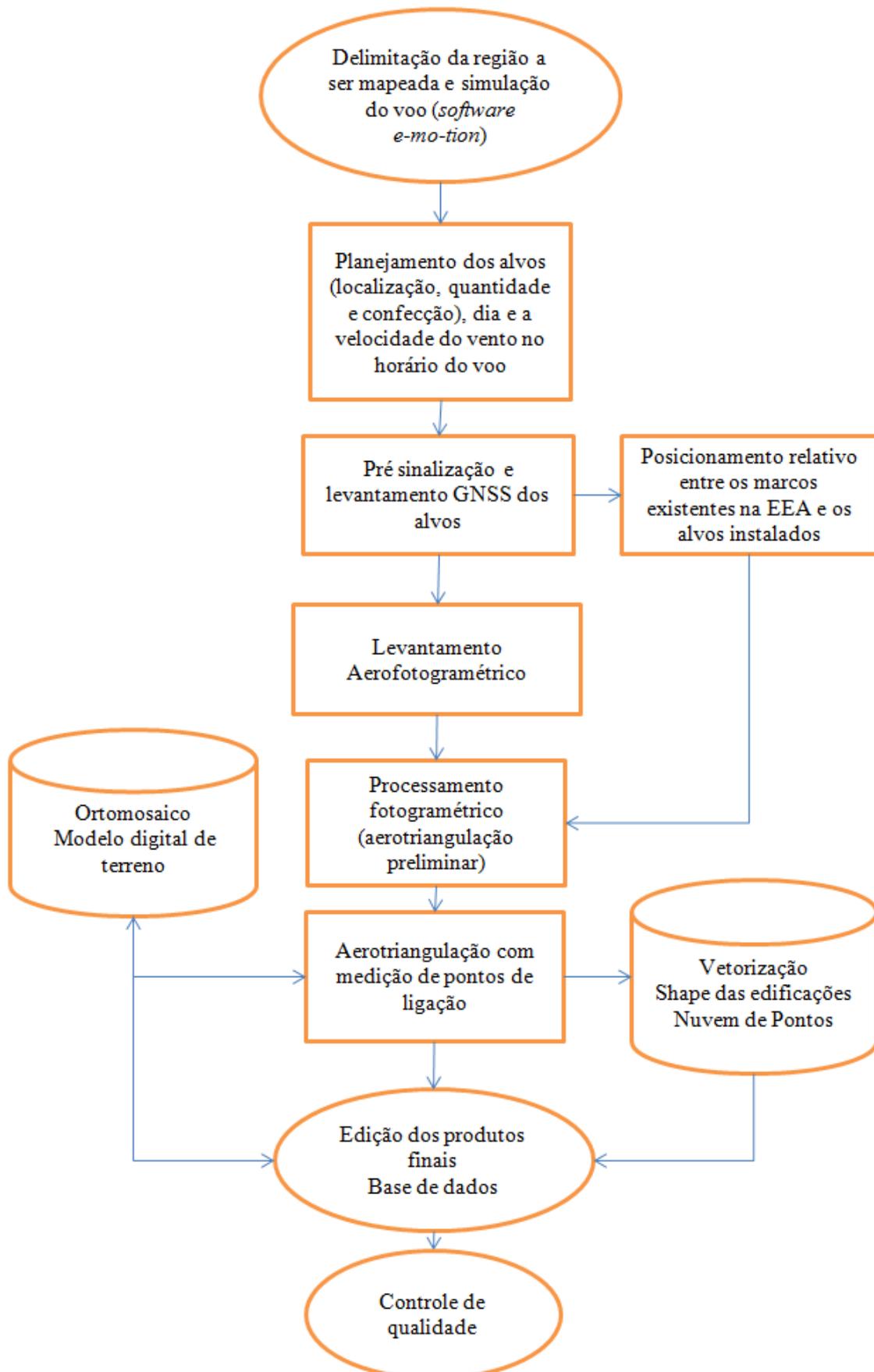
As etapas principais que compreendem a aquisição, o processamento dos dados e os produtos cartográficos obtidos neste trabalho, são apresentados no fluxograma da Figura 3.1. As etapas detalhadas do aerolevanteamento são mostradas na Figura 3.2 e do levantamento topográfico e da pesquisa cadastral na Figura 3.3. Todas as etapas envolvidas serão descritas ao longo do presente capítulo.

Figura 3.1: Fluxograma do trabalho



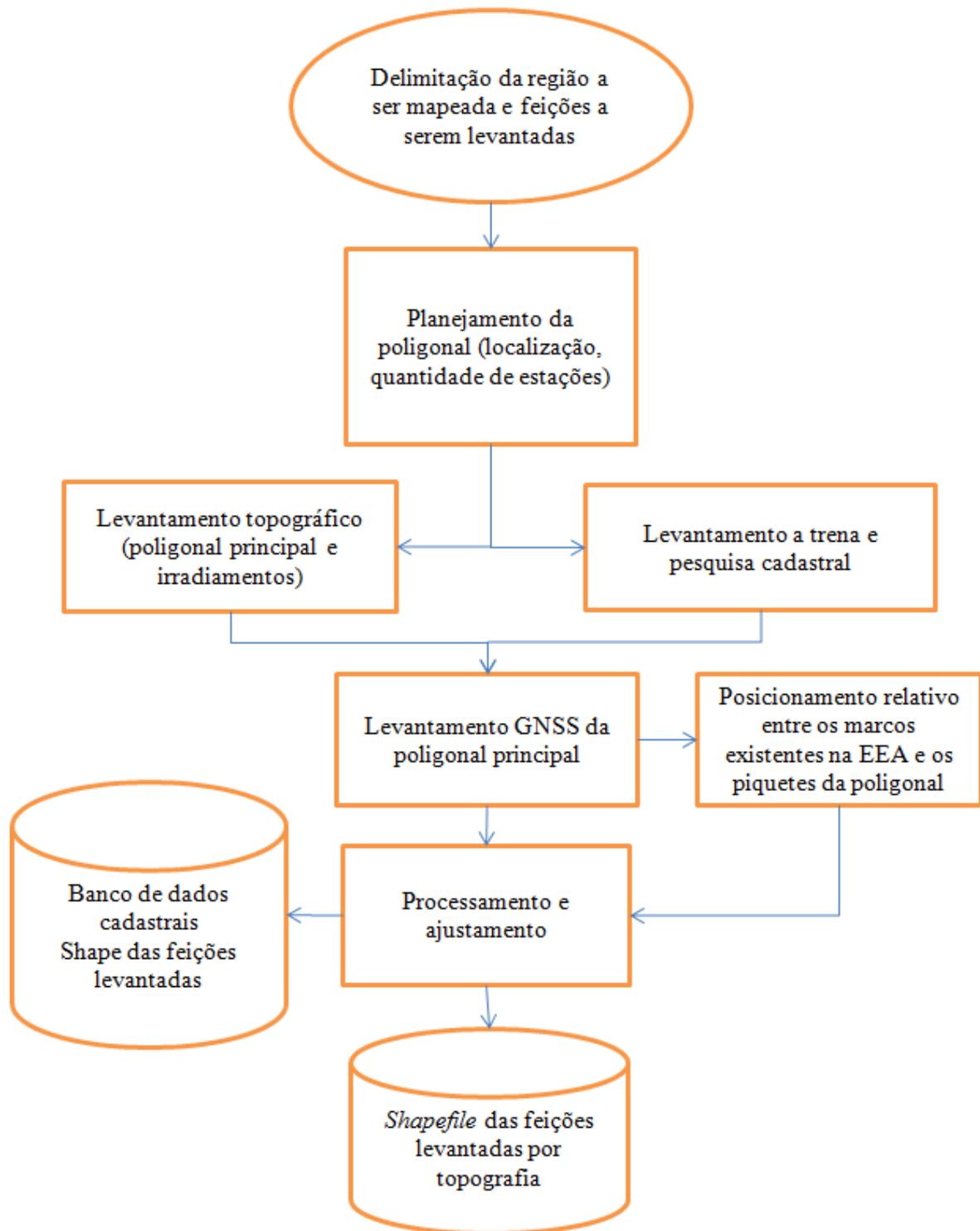
Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3.2: Levantamento fotogramétrico



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3.3: Levantamento topográfico e pesquisa cadastral



Fonte: Elaborado pelos autores

O presente trabalho visa a execução de quatro tipos de levantamentos geodésico, aerofotogramétrico, topográfico e cadastral, tendo como resultado a representação dos produtos gerados através da Cartografia contemplando, assim, grande parte dos

conhecimentos adquiridos durante a graduação. Para isto, foram necessárias quatro visitas à EEA para a completa aquisição dos dados. Os processamentos, ajustamentos e a edição das cartas foram realizados nos Laboratórios LAFOTO (Laboratório de Pesquisa em Fotogrametria) e LACAP (Laboratório de Cartografia Aplicada).

3.1 Levantamento Geodésico

3.1.1 Materiais

Para os levantamentos geodésicos foram utilizados dois pares de receptores GNSS da marca Topcon (um par modelo Hiper Lite Plus e outro par modelo GR-3), duas controladoras modelo FC-250 da Topcon, tripés, bipes com bastões de 2 metros de altura, trena, duas bases nivelantes e maletas para transporte.

Especificações dos receptores Topcon Hiper Lite Plus (L1/L2), segundo o fabricante (Topcon, 2015):

- Apresenta tecnologia RTK, com alcance de rádio interno de até 2,5 km;
- Receptor GNSS de 40 canais, de dupla frequência;
- Rastreia as constelações GPS, GLONASS e GALILEO;
- Tecnologia *Bluetooth*, para transferência de dados;
- Acurácia no posicionamento estático de 3 mm + 0,5 ppm horizontal e 5 mm + 0,5 ppm vertical; e
- Acurácia no posicionamento RTK/cinemático 10 mm + 1 ppm horizontal e 15 mm + 1ppm vertical.

Figura 3.4: Hyper Lite Plus



Fonte: Elaborado pelos autores

Especificações dos receptores Topcon GR-3 (L1/L2), segundo o fabricante (Topcon, 2015):

- Receptor GNSS com 72 canais;
- Rádio UHF interno e controlado via Bluetooth com as controladoras Topcon para posicionamento RTK;
- Rastreia as constelações GPS, GLONASS e GALILEO;
- Tecnologia *Bluetooth*, para transferência de dados;
- Acurácia no posicionamento estático 3 mm + 0,5 ppm horizontal e 5 mm + 0,5ppm vertical;
- Acurácia no posicionamento RTK/Kinematic 10 mm + 1 ppm horizontal, 15 mm + 1ppm vertical; e
- Acurácia no posicionamento DGPS melhor que 0,25 m no modo pós processado e pior que 0,50 m em tempo real.

Figura 3.5: GR3



Fonte: Elaborado pelos autores

O uso de coletoras normalmente é dispensável, mas, neste caso, como seriam levantados uma grande quantidade de pontos, além das bases M08 e M09 o uso da coletora se torna viável. As coletoras usadas possuem o *software TopSURV 7* que permite a configuração (método de posicionamento, tempo de rastreamento e taxa de gravação) dos receptores via Bluetooth, podendo ser configurado o nome do ponto que está sendo rastreado, altura da antena iniciar e interromper o rastreamento. Além disso, é possível visualizar, em tempo real, a configuração geométrica dos satélites que estão sendo rastreados através do valor para o PDOP (*Precision Dilution of Position*).

Especificações da Coletora Topcon FC-250, segundo o fabricante (Topcon, 2015):

- Processador de 806 MHz;
- Sistema operacional Windows Mobile 6.5 com *software TopSURV 7*;
- Design Compacto e Resistente;
- Compartimento para cartão Compact Flash e SD;
- Criada em tecnologia sem fio *bluetooth* e *Wi-Fi*;
- Baterias Li-ion removíveis; e
- Cor Ultra- brilhante e *Touch Screen*.

Para processamento dos dados foi utilizado o *software Topcon Tools v.8.2.3*, da mesma marca que os receptores GNSS. Com o *Topcon Tools* é possível processar os dados de equipamento receptor GNSS, nível e estação total. Além disso, gerar relatórios e exportar arquivos em diversos formatos, possibilitando a importação em outros programas computacionais.

3.1.2 Medição dos marcos geodésicos

O trabalho foi referenciado ao SGB. Para isso, foram realizadas medições com GNSS nos marcos geodésicos M08 e M09, existentes na EEA, Figura 3.6 e Figura 3.7, tendo como base as estações da RBMC de Porto Alegre - RS e de Santa Maria – RS para a realização do posicionamento relativo.

Figura 3.6: Marco M08 e receptor GNSS estacionado no mesmo.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3.7: Marco M09 e receptor GNSS estacionado no mesmo.



Fonte: Elaborado pelos autores

Tais marcos serviram de base para os demais posicionamentos relativos dos pontos de interesse ao longo do período do trabalho. Foram usados 3 seções de rastreio (com 8 horas de duração, aproximadamente) para a determinação de suas coordenadas relativas às estações da RBMC de Porto Alegre e Santa Maria.

3.1.3 Sinalização e medição dos GCPs

Os pontos de apoio para o levantamento fotogramétrico, ou GCP (*Ground Control Point*), foram sinalizados no terreno. A localização dos pontos foi planejada, inicialmente, com o auxílio do *software Google Earth* e exportada para um arquivo no formato KML (*Keyhole Markup Language*). Esse arquivo foi importado para o aplicativo *locus free* (usado em *smartphone*) passando a ser usado, então, como GPS de navegação até o local aproximado dos pontos de apoio. Os alvos foram confeccionados pelos autores em um padrão xadrez, com quatro quadrados como mostra a Figura 3.8. Foram sinalizados 22 pontos no terreno. O Alvo xadrez produzido possui dimensões de 42 cm x 42 cm, sendo que cada quadrado menor possui 21 cm x 21 cm.

Figura 3.8: Alvo



Fonte: Elaborado pelos autores

Foi escolhido esse número de pontos, para ter um alto grau de liberdade e garantir que se algum dos alvos sofresse qualquer tipo de interferência que viesse a afetar os resultados finais pudesse ser removido do processamento sem perder a qualidade final dos produtos gerados.

Os alvos foram fabricados em piso vinílico, com orifícios nas 4 pontas para serem fixados no terreno e um furo central maior (onde a ponta do bastão com GNSS é colocada). Para a fixação dos alvos no terreno foram fabricados 100 *spikes* (estacas) com barras de ferro de construção de 6.2 mm de diâmetro, cortadas em pedaços de 20 cm de comprimento com 5 cm dobrados em uma das extremidades com o auxílio de um torno de bancada, o resultado final é apresentado na Figura 3.9. Logo após instalados, os alvos foram medidos com receptores GNSS (Figura 3.10), em seções de 5 minutos de duração, em média.

Figura 3.9: *Spikes* fabricados para a fixação dos alvos em campo.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3.10: Medição de um GCP



Fonte: Elaborado pelos autores

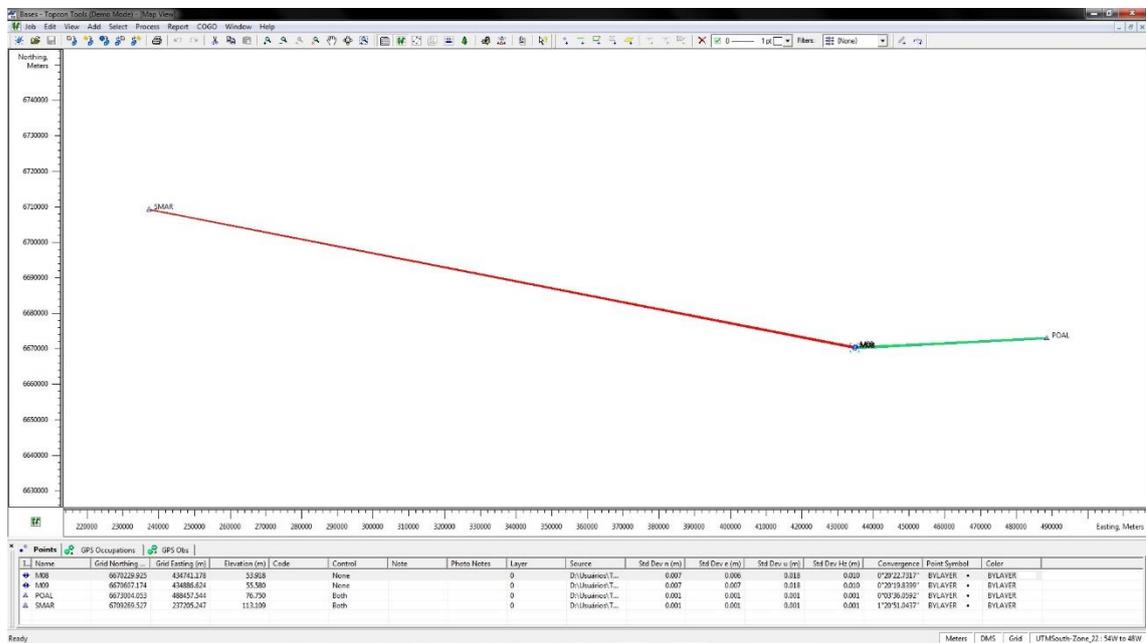
3.1.4 Medição dos pontos de apoio para o levantamento topográfico

Os pontos de apoio para o levantamento topográfico, materializados no terreno através de piquetes, também foram medidos com receptores GNSS, em rastreios com 20 minutos de duração em média. Foi adotado um maior tempo de rastreio devido ao fato dos piquetes se encontrarem em pontos onde havia cobertura do horizonte com árvores ou construções. A partir desses pontos, foram feitas as medições dos pontos de interesse no terreno com a estação total, e as coordenadas obtidas por meio do rastreio com GNSS foram usadas para o ajustamento das observações e conversão do sistema topográfico local para o sistema geodésico brasileiro automaticamente pelo *software Topcon Tools*, utilizando-se o sistema de referencia WGS84 que é compatível com o SIRGAS2000.

3.1.5 Processamento dos dados

Uma vez medidos os pontos básicos, os pontos de apoio terrestre para o levantamento fotogramétrico e os pontos de apoio para o levantamento topográfico, em escritório foi realizado o processamento dos dados no *software Topcon Tools*. Para processar os pontos básicos do trabalho, foram utilizadas como referência as estações da RBMC de Porto Alegre - RS (POAL) e Santa Maria - RS (SMAR). As linhas base ajustadas podem ser visualizadas na Figura 3.11.

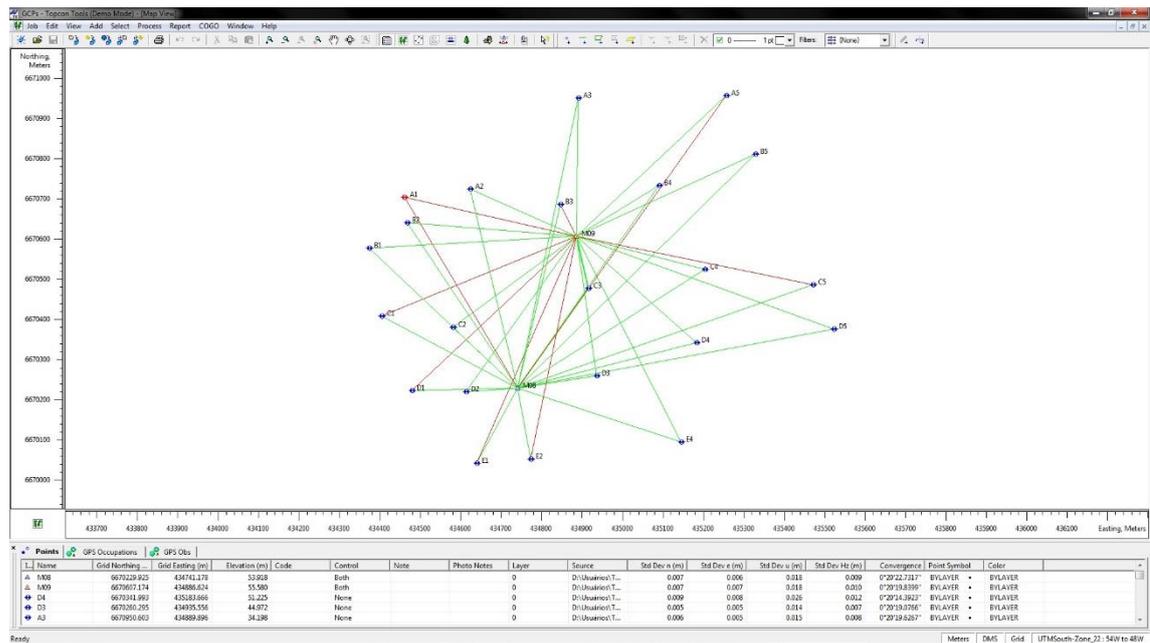
Figura 3.11: Pontos básicos junto às estações da RBMC utilizadas



Fonte: Elaborado pelos autores

Para processar os GCPs, foram utilizadas como referência os marcos M08 e M09. As linhas base ajustadas podem ser visualizadas na Figura 3.12, onde são mostrados com pinos em amarelo a posição do planejamento e em azul a posição dos pontos sinalizados e levantados no terreno.

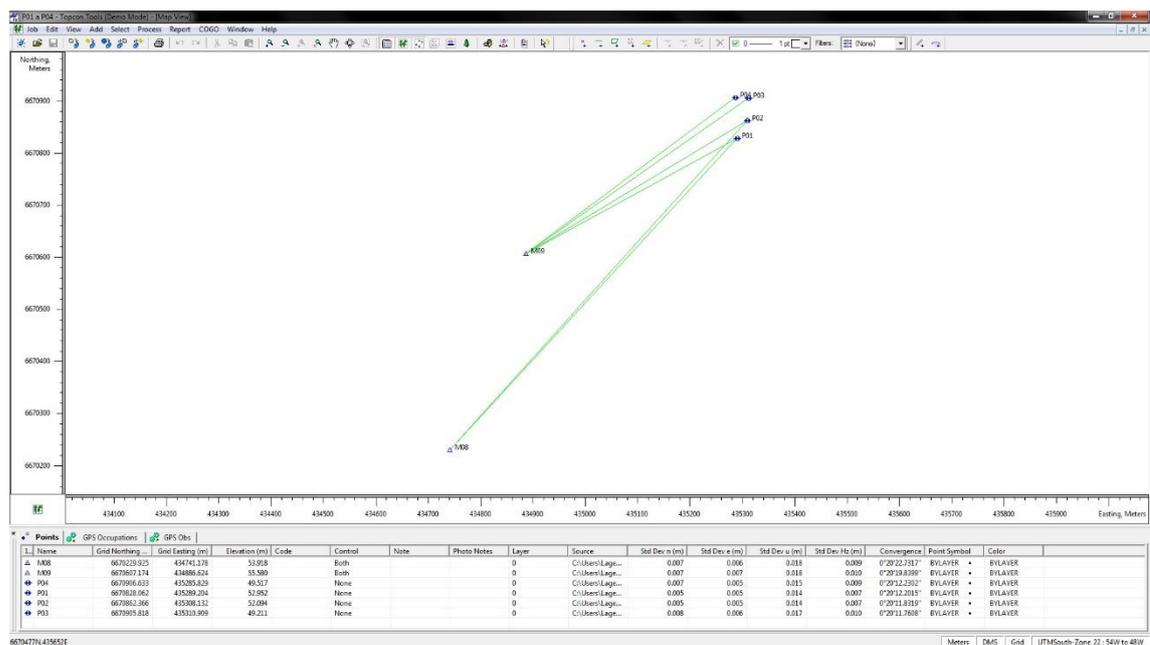
Figura 3.12: Disposição dos GCPs



Fonte: Elaborado pelos autores

O processamento dos pontos de apoio do levantamento topográfico ocorreu da mesma forma que o processamento dos GCP, utilizando-se como referência os marcos M08 e M09, Figura 3.13.

Figura 3.13: Pontos de apoio para a primeira poligonal



Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 Levantamento fotogramétrico

3.2.1 Materiais

Para o levantamento fotogramétrico foi utilizado o VANT Swinglet CAM, Figura 3.14. O Swinglet CAM possui autonomia de voo de até 30 minutos, velocidade de cruzeiro de 36 km/h, tem 500 g e 80 cm de envergadura (SANTIAGO & CINTRA, 2014).

Figura 3.14: VANT Swinglet CAM



Fonte: Santiago & Cintra, 2014

Quanto a câmara do VANT Swinglet CAM, destacam-se as seguintes especificações técnicas:

- 12 *Megapixels* de resolução (4000 por 3000 *pixels*);
- Sensor de 6,16 por 4,62 mm (*pixel* de 1,54 μm); e
- Distância focal nominal de 4,3 mm.

Segundo a Santiago & Cintra (2014), empresa que comercializa o Swinglet CAM no Brasil, é possível alcançar uma resolução espacial de até 3 cm nas imagens obtidas com sua câmara. Existe um *software* para planejamento e acompanhamento de voo do Swinglet CAM, o *e-motion*, no qual, é calculado automaticamente o número de imagens a serem adquiridas e a altura de voo, conforme a resolução espacial a ser atingida. Para o projeto foram realizados voos com resolução de 5 cm e 10 cm.

Para o processamento dos dados fotogramétricos, foi utilizado o *software Pix4D Mapper*, exceto para a atribuição da coordenada geodésica da câmara obtida pelo GPS de navegação do VANT no momento da aquisição das fotografias (*geotag*), que foi feita através do *software postflight suite*. No *software Pix4D Mapper*, foi realizada a fototriangulação, medição de feições no espaço objeto, geração de nuvens de pontos, geração de modelos

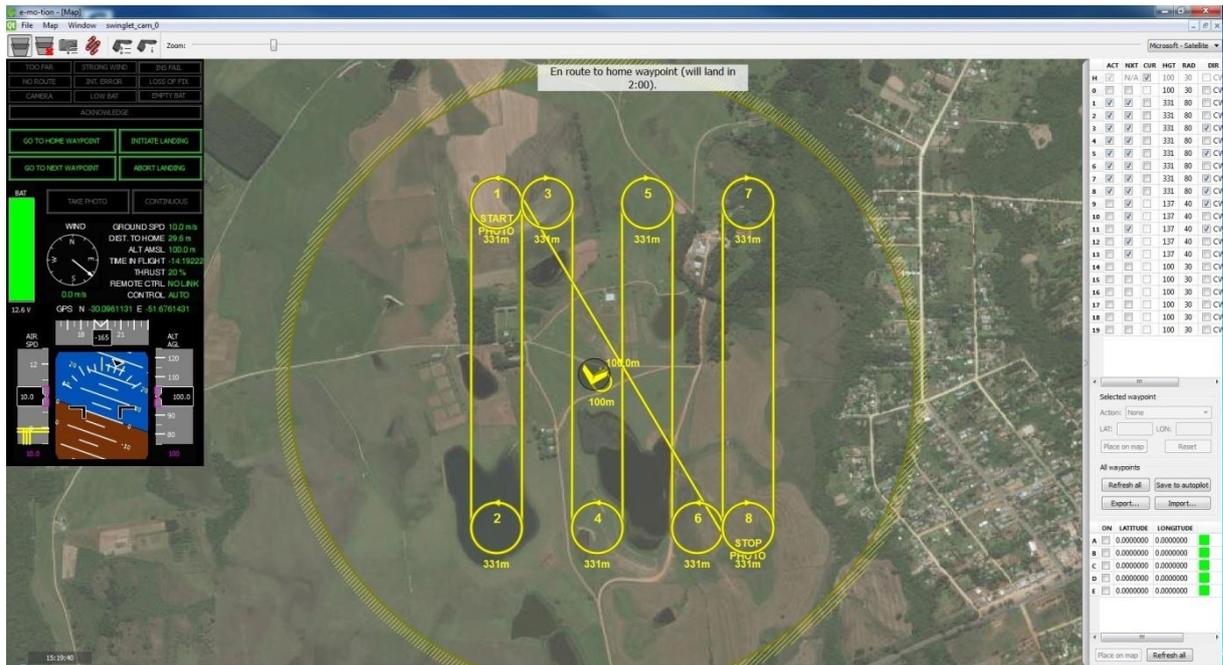
digitais de superfície, geração de ortomosaicos e a exportação desses dados para as etapas seguintes de edição e elaboração de produtos.

3.2.2 Voo fotogramétrico

Para a correta utilização do VANT é necessário uma série de cuidados para que a operação não cause nenhum dano ao equipamento, para outras aeronaves tripuladas ou até mesmo pessoas. Para isso é preciso que se faça um planejamento do aerolevanteamento como um todo. Além de usar o simulador do *software e-motion* para salvar os prováveis planos de voo que serão utilizados no campo, é necessário que seja feito um planejamento dos dias propícios para o aerolevanteamento. A área a ser sobrevoada deve estar fora de centros urbanos onde é proibido o uso de VANT, pois ainda não se tem legislação específica. O ponto onde for montada a base de controle, onde também ocorrerá o pouso e a decolagem da aeronave, deve ter um raio médio de 40 m em seu entorno sem obstáculos, transientes ou qualquer outro objeto que possa impedir o correto funcionamento do equipamento. A seleção dos dias propícios (sem chuva e velocidade do vento inferior a 6 m/s) para o voo pode ser feita com o auxílio de algum site onde se obtém informações meteorológicas de confiança, por exemplo, www.cptec.inpe.br ou www.accuweather.com.

Na Figura 3.15 é possível ver a interface do programa que vem junto com o equipamento, este *software* é usado para o planejamento em escritório dos voos, carregar a imagem de satélite da área que será feito o levantamento e também em campo para o controle e acompanhamento da aeronave. No painel esquerdo são informadas, em tempo real, as condições da aeronave como carga da bateria, velocidade do vento, altura de voo, velocidade em relação ao solo, tempo de voo entre outras informações. Na parte central do painel, à esquerda, há alguns botões que são usados para dar alguns comandos específicos para o VANT como pouso, decolagem, abortar missão entre outros.

Figura 3.15: Software E-MO-TION com um plano de voo aberto



Fonte: Elaborado pelos autores

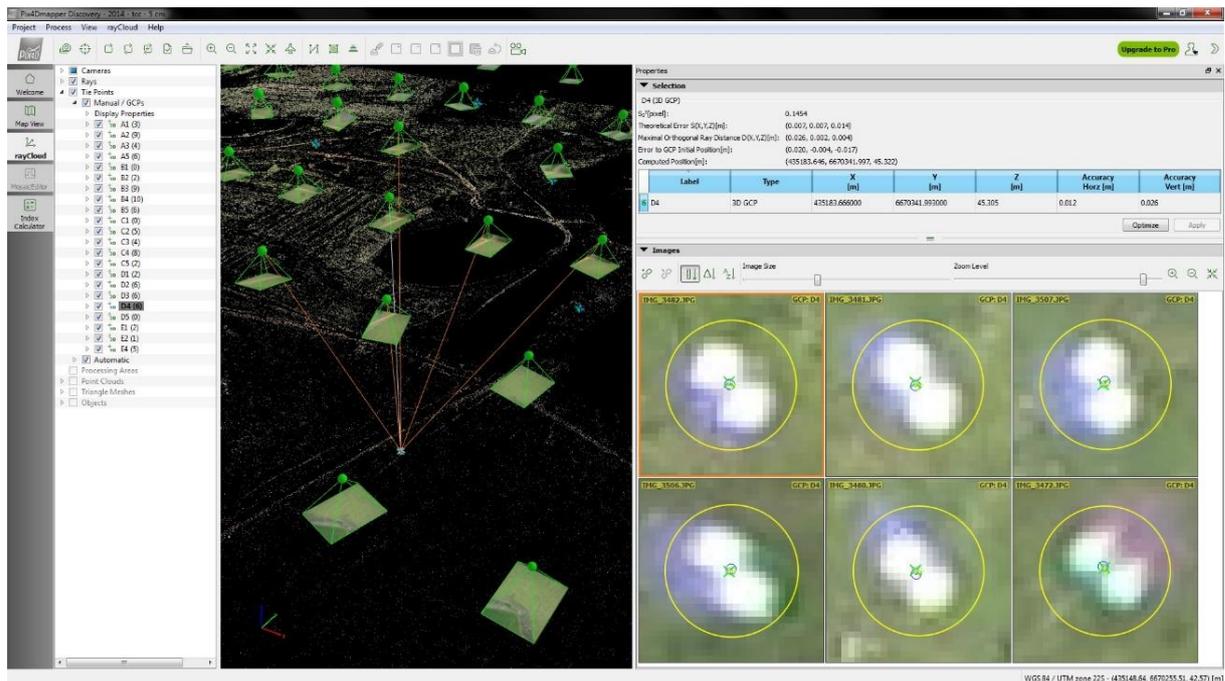
3.2.3 Processamento dos dados

O processamento dos dados fotogramétricos foi realizado nos *softwares postflight suite* e *Pix4D*. Após descarregar as fotos da câmera elas foram processadas no *software postflight suite* para a realização do *geo tagging*, esse processo que consiste em adicionar a localização geográfica (normalmente expressa em latitude e longitude) a um arquivo digital como um vídeo, fotografia, mensagem ou código QR (*Quick Response*). Tal informação foi importante para facilitar a fototriangulação, servindo de parâmetro inicial para o ajustamento de observações.

Posteriormente, as fotografias com “marcação geográfica” foram importadas no *software Pix4D*, bem como a lista de coordenadas e precisões dos pontos de apoio, e foram separadas em dois projetos do *Pix4D* diferentes, um para o levantamento com resolução de 5 cm e outro para o levantamento com resolução de 10 cm.

A medição dos pontos de apoio nas fotografias foi facilitada pelos parâmetros iniciais de orientação interior e exterior, fazendo com que o ponto estivesse muito próximo a sua posição ideal, sendo necessário apenas um ajuste fino na localização. O *software*, no modo de medição de ponto de apoio, lista todas as fotografias que contém cada um dos pontos para a medição. Na Figura 3.16, é possível verificar a listagem das fotografias do voo com 5 cm de resolução que contém o GCP D4, no projeto com imagens de 5 cm de resolução.

Figura 3.16: Medição de GCP

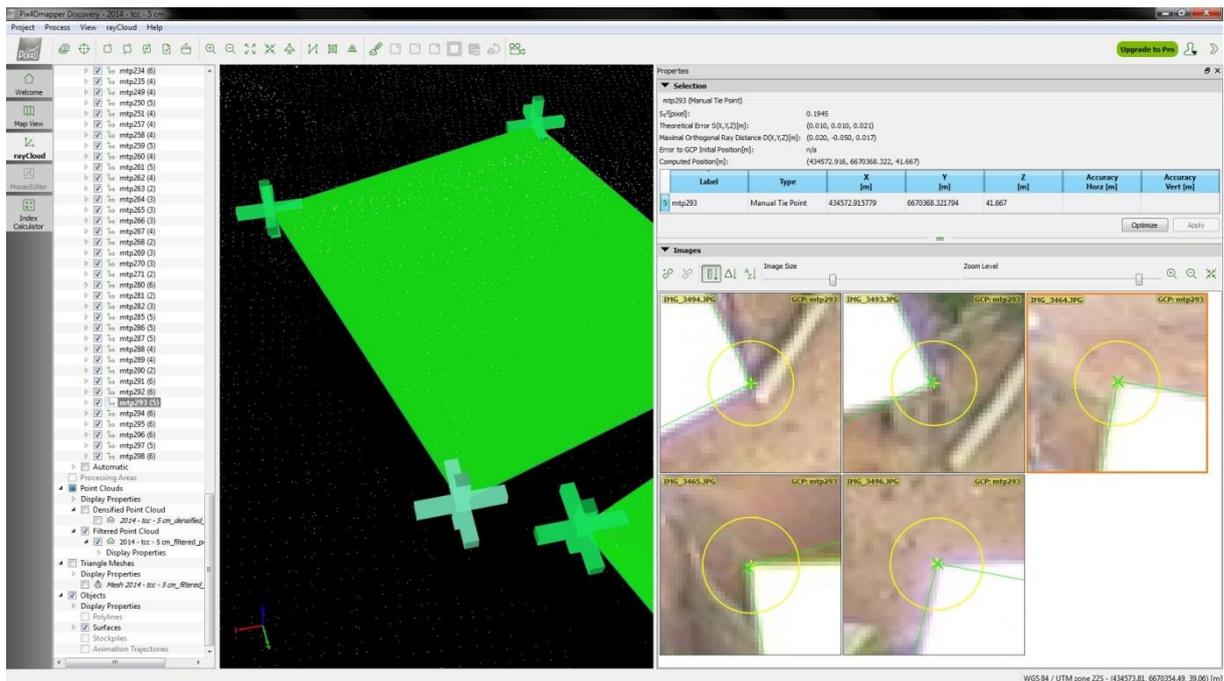


Fonte: Elaborado pelos autores

Após a conclusão do processo de medição de todos os GCP's nas fotografias, foi realizada no mesmo *software* a correlação das imagens, onde um algoritmo busca pontos de alta correlação entre as imagens, através da análise dos pixels adjacentes, e usa-os como pontos de ligação na fototriangulação. Então as coordenadas de todos os pontos mencionados são processadas no sistema de coordenadas do espaço objeto e os parâmetros de orientação exterior e interior também são determinados simultaneamente (no mesmo ajustamento)

Em seguida, iniciou-se a medição de feições, quinas dos telhados das edificações, utilizando o mesmo método aplicado para a medição dos GCP (Figura 3.17). Tal método foi escolhido pelo fato de possibilitar uma confiabilidade alta na determinação da coordenada, pois podem ser utilizadas no procedimento todas as fotografias em que a feição aparece.

Figura 3.17: Medição de ponto de edificação



Fonte: Elaborado pelos autores

Após a medição das quinas dos telhados das edificações, foi gerada uma nova fototriangulação. Até então o Pix4D estava sendo utilizado no modo gratuito, que possui uma série de limitações quanto à geração de alguns produtos e exportação de dados. Para a conclusão dos do processamento fotogramétrico foi feito o uso do período de testes do modo *Pro*, que é comercializado pela empresa, no qual todas as funções do *software* são habilitadas.

No período de uso da versão *Pro* do Pix4D, foram exportadas as nuvens de pontos, as coordenadas das feições medidas e os modelos digitais de superfície e ortomosaicos (sendo que os dois últimos só podem ser gerados na versão *Pro*).

3.3 Levantamento topográfico

Para o levantamento topográfico, foram utilizados: uma estação total, uma trena, vários piquetes, uma marreta, um tripé, 2 bipés, 2 prismas, 2 bastões para prisma e uma trena a laser. A estação total (Figura 3.18) é a GPT-7505, da marca Topcon.

Figura 3.18: Estação total



Fonte: Elaborado pelos autores

Características:

- Medidor eletrônico de distância: 2 km sem prisma e até seis com prisma;
- Precisão angular de cinco segundos;
- Distanciômetro com precisão linear de 2 mm + 2 ppm;
- Nível ótico digital;
- Duplo compensador eletrônico;
- Software interno (TopSURV 7); e
- Luneta com ampliação de 30 vezes.

A trena laser utilizada, Figura 3.19, é a da marca Kolida modelo PD 58A possibilita a medição de distâncias sem o uso das trenas convencionais, agilizando o serviço e evitando erros de leitura. Pode ser usada para medir distâncias, pequenas áreas e volumes.

Figura 3.19: Trena



Fonte: Elaborado pelos autores

Características (KOLIDA, 2015):

- Mede até 80 m;
- Precisão de 2 mm;
- Desligamento: automático 180 seg;
- Precisão da medição obliquidade: $\pm 0.3^\circ$;
- Faixa de medição de obliquidade: $\pm 45^\circ$; e
- Classe de laser: II.

3.3.1 Medições das feições

Com uso da estação total, foram feitas medições de vértices de edificações, pontos no eixo de estradas, em trechos que estão abaixo de árvores, e de alguns pontos de estacas de cerca para comparar com as coordenadas obtidas no levantamento fotogramétrico. Já com a trena, foram medidas as faces das edificações e as distâncias entre pilares de telheiros.

Ao total, a estação total foi instalada em 13 pontos, como, por exemplo, na Figura 3.20. Para garantir a confiabilidade no levantamento, procurou-se obter dados redundantes nas medições, possibilitando o ajustamento de observações, ou seja, encontrar a melhor solução do conjunto de observações e estimar a qualidade. A redundância foi obtida através de poligonais enquadradas e pontos de verificação, feições do levantamento medidas de estações diferentes.

Figura 3.20: Levantamento com a estação total



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 3.21 é ilustrada a medição de um ponto de ré da primeira poligonal

efetuada, na qual o prisma refletor está sustentado em um bipé para garantir a verticalidade. Os pontos de edificações, salvo poucas exceções, foram medidos sem prisma.

Figura 3.21: Medição de um ponto de ré



Fonte: Elaborado pelos autores

Para complementar o levantamento topográfico, foram medidas as laterais das edificações com trena eletrônica (Figura 3.22). Tais medições, em sua maioria, serviram de comparativo com o resultado obtido pelas medições de estação total, mas também para completar detalhes das edificações que demandariam muito tempo na troca do equipamento de lugar para a sua medição.

Figura 3.22: Levantamento com a trena eletrônica



Fonte: Elaborado pelos autores

3.3.2 Processamentos dos dados

O processamento dos dados topográficos foi realizado no *software Topcon Tools*, no qual, com base nas coordenadas obtidas no levantamento com GNSS, foram obtidas as coordenadas de todos os pontos topográficos no sistema de coordenadas geodésico e

estimadas suas respectivas precisões.

No *software* AutoCAD, foram desenhados os polígonos referentes às áreas edificadas medidas com a trena. Por fim, os dados provenientes do processamento das medições feitas com estação total e com trena foram integrados.

3.4 Levantamento de informações cadastrais

Para o cadastramento dos imóveis foi desenvolvido um boletim de informações cadastrais (BIC). Este visa à aquisição das informações necessárias para a elaboração do banco de dados cadastrais de maneira padronizada e rápida. Afim de que se possam ter as informações necessárias de cada edificação para as mais diferentes aplicações como o saneamento básico, cobrança de impostos ou até mesmo para a elaboração de um plano diretor da cidade cadastrada. O modelo usado neste trabalho é apresentado na Figura 3.23, onde há algumas informações básicas pertinentes ao tipo de cadastro que foi elaborado. É possível que se tenha mais informações complementares, mas ao se elaborar um BIC deve se tomar cuidado, pois cada informação a mais no boletim será perguntada quantas vezes for o número de unidades a serem cadastradas, tornando o documento cansativo de ser preenchido tanto pelo cadastrador quanto pelo entrevistado.

Figura 3.23: Boletim de informações cadastrais usado em campo

BOLETIM INFORMATIVO CADASTRAL

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL
Responsável: _____

Data: ___/___/___

Fotos: _____ Camara: _____ Código Imóvel: _____

Tipo do Imóvel:

Galpão Casa Telheiro Garagem

Outro: _____

Estrutura:

Alvenaria Madeira Outro: _____

Material da Cobertura:

Cerâmica Basilit Outro: _____

Utilização do Imóvel: _____

Pontos de Amarração: _____ Estação: _____ Ré: _____

CROQUI DA EDIFICAÇÃO:

Equipamento de medida: _____

Fonte: Elaborado pelos autores

Todos os prédios que foram alvos de levantamento possuíam como característica a existência de ângulos unicamente retos entre suas paredes. Isto facilitou o levantamento com

trena e elaboração dos croquis das edificações em campo. Para a aquisição das distâncias com a utilização de trena a laser foi utilizada a parede seguinte da edificação como anteparo (como mostrado a

Figura 3.22) ou uma prancheta em alguns casos. Todas as dimensões de diferentes alinhamentos dos prédios foram coletadas, possibilitando assim a localização e orientação deles. A partir disto, somado ao levantamento com a estação total, foram construídas as plantas, tanto as individuais dos imóveis, quanto as plantas gerais.

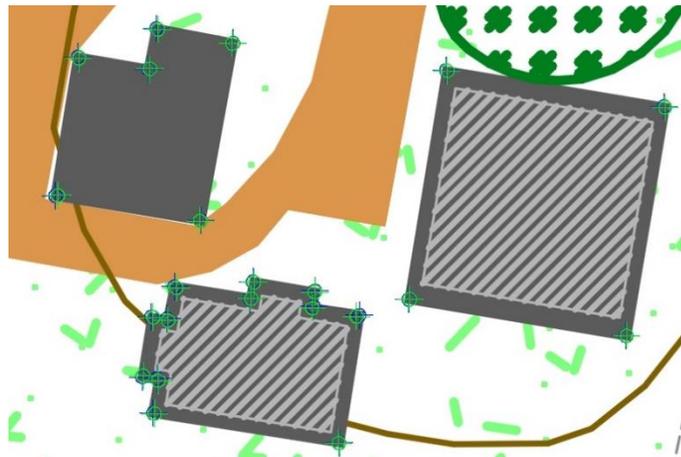
3.5 Edição

Uma vez concluídos os processamentos, foi possível compor a base de dados. Nessa etapa foi feita a compilação de todos os dados e sua respectiva estruturação para possibilitar a visualização e interação por parte do usuário, o que permitiu gerar o produto cartográfico final somado às informações cadastrais que foram levantadas das feições de interesse.

3.5.1 Vetorização

A base usada para a produção referente a parte planimétrica do produto final foram os ortomosaicos com resolução espacial de 5 cm e 10 cm, o *shapefile* de vértices que foram medidos no Pix4D e os dados advindos do levantamento topográfico. As feições de área total edificada foram desenhadas a partir de pontos medidos no Pix4D (Figura 3.24), as áreas delimitadas por paredes foram desenhadas a partir dos pontos do levantamento topográfico e as demais feições foram vetorizadas no *software* ArcGIS, a partir dos ortomosaicos.

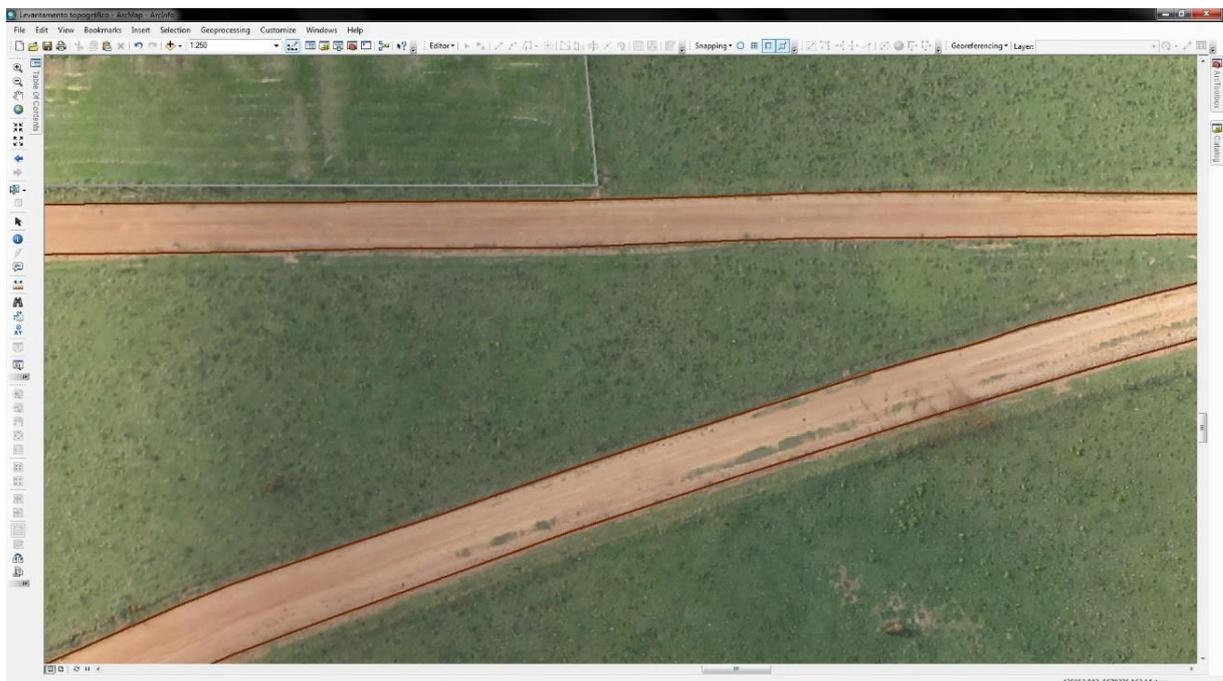
Figura 3.24: Pontos medidos no Pix4D



Fonte: Elaborado pelos autores

Os mesmos pontos medidos no Pix4D nos projetos de 5 cm e 10 cm, não divergiram mais do que 10 cm. Na Figura 3.25, é possível visualizar algumas feições vetorizadas.

Figura 3.25: Vetorização de feições



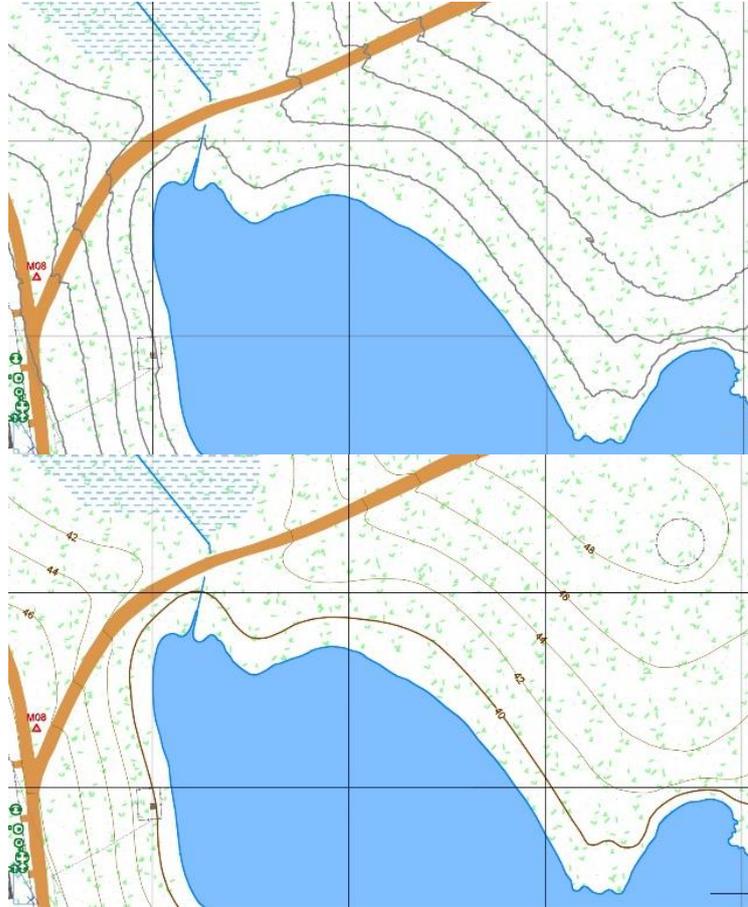
Fonte: Elaborado pelos autores

3.5.2 Curvas de nível

Para a parte altimétrica do produto foi usado um arquivo no formato LAS (Log ASCII Standard) resultante da densificação da aerotriangulação do voo de 5 cm de resolução

espacial (densificação da nuvem de pontos no *software* Pix4D). Esse arquivo foi importado para o *software* Auto CAD Civil 3D 2015, no qual as curvas foram editadas para a composição do produto final (Figura 3.26).

Figura 3.26: Edição das curvas de nível



Fonte: Elaborado pelos autores

3.6 Análise de custos

Para a realização do cronograma financeiro, apresentado nas tabelas Tabela 3.1 e Tabela 3.2, foram adotados valores que uma empresa cobraria para a execução do trabalho. Foram considerados 6 dias de levantamentos em campo de três profissionais e dois meses para a conclusão do trabalho.

Os salários dos profissionais tiveram como base a tabela de preços da Associação das Empresas de Topografia do Estado de São Paulo (AETSP) de janeiro de 2012. O salário mensal de um Engenheiro Agrimensor nessa tabela é de R\$ 5.100,00. Adotando esse valor de salário e um total de 160 horas mensais trabalhadas, o valor pago por hora seria de R\$ 31,87.

Adotando os mesmos critérios para o Topógrafo e para o Auxiliar Técnico, tem se respectivamente os valores de R\$ 20,00 e R\$ 6,56 por hora trabalhada. A porcentagem de encargos sociais pode chegar a 105%, que é o valor citado na tabela da AETSP.

Para quantificar os valores que a empresaria gastaria com equipamentos e softwares foram considerados valores de cinco e dez anos de vida útil, totalizando uma taxa de 20 % e 10% de depreciação anual respectivamente. Foram tabelados também gastos referentes à infraestrutura, como; aluguel, energia elétrica, telefone, internet e água, e gastos administrativos como, contabilidade e jurídico.

Foi obtido um total de R\$ 66.160,98. Considerando 16,33% de impostos (ISS 5% + COFINS 3% + PIS 0,65%+ CSLL 2.88%+ IR 4.8%) acrescenta se a quantia de R\$ 10.804,09. Adotando uma margem de lucro de 20%, é obtido o valor de R\$ 15.393,01, totalizando um custo de R\$ 92.358,08 para a execução do trabalho.

Tabela 3.1- Gastos diretos com mão de obra.

FUNÇÃO	UNIDADE	SALÁRIO	SALÁRIO (HORA)	HORAS DE TRABALHO EM 2 MESES	SALÁRIO TOTAL
Engenheiro	1	R\$ 5.100,00	R\$ 31,87	320	R\$ 10.198,40
Topógrafo	1	R\$ 3.200,00	R\$ 20,00	320	R\$ 6.400,00
Auxiliar Técnico	1	R\$ 1.050,00	R\$ 6,56	320	R\$ 2.099,20
Secretária	1	R\$ 900,00	R\$ 5,62	320	R\$ 1.798,40
Encargos Sociais	105%				R\$ 21.520,80
TOTAL		R\$ 10.250,00			R\$ 42.016,80

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 3.2: Gastos com equipamentos, infraestrutura e demais acessórios

DESCRIÇÃO	UND	R\$ UND	VIDA ÚTIL	DEPRECIACÃO	DEPRECIACÃO ANUAL	DEPRECIACÃO MENSAL	CUSTO EM 2 MESES
02 Receptores Topcon GR3	1	90000,00	5	0,2	R\$ 18.000	R\$ 1.500	R\$ 3.000
02 Receptores Topcon Hiper Lite	1	60000,00	5	0,2	R\$ 12.000	R\$ 1.000	R\$ 2.000
Estação Total Topcon GPT-7505	1	27000,00	5	0,2	R\$ 5.400	R\$ 450	R\$ 900
Trena Laser Kolida PD-58A	1	500,00	5	0,2	R\$ 100	R\$ 8	R\$ 17
Prismas	1	250,00	5	0,2	R\$ 50	R\$ 4	R\$ 8
Bastões	1	250,00	5	0,2	R\$ 50	R\$ 4	R\$ 8
VANT Swinglet CAM	1	60000,00	2	0,5	R\$ 30.000	R\$ 2.500	R\$ 5.000
Software AutoCad 2015	1	15287,36	5	0,2	R\$ 3.057	R\$ 255	R\$ 510
Software ArcGIS 10	1	12000,00	5	0,2	R\$ 2.400	R\$ 200	R\$ 400
Software Pix4d	1	23403,00	5	0,2	R\$ 4.681	R\$ 390	R\$ 780
Computador	1	6000,00	5	0,2	R\$ 1.200	R\$ 100	R\$ 200
Câmera Fotografica	1	500,00	5	0,2	R\$ 100	R\$ 8	R\$ 17
Par Rádio Comunicador	2	210,00	5	0,2	R\$ 84	R\$ 7	R\$ 14
Carro	1	30000,00	5	0,2	R\$ 6.000	R\$ 500	R\$ 1.000
SUBTOTAL							R\$ 13.854
Alvos	24	8,50					R\$ 204
Piquete	13	0,50					R\$ 7
Hospedagem	18	75,00					R\$ 1.350
Alimentação	54	25,00					R\$ 1.350
Combustível (litros)	20	3,00					R\$ 60
Plotagem	4	30,00					R\$ 120
Material de escritório	1	1000,00					R\$ 1.000
Aluguel Sala	1	1200,00					R\$ 2.400
Energia Elétrica	1	300,00					R\$ 600
Água	1	100,00					R\$ 200
Telefone	1	300,00					R\$ 600
Internet	1	200,00					R\$ 400
Contábil	1	500,00					R\$ 1.000
Jurídico	1	500,00					R\$ 1.000
Tabela 3.1							R\$ 42.017
Total dos Custos							R\$ 66.160,98
Impostos (16,33%)							R\$ 10.804,09
Lucro (20%)							R\$ 15.393,01
TOTAL							R\$ 92.358,08

Fonte: Elaborado pelos autores

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo, serão avaliados os resultados das atividades realizadas ao longo do trabalho. Serão utilizadas as seguintes siglas:

- N: Norte;
- E: Este;
- h: Altura Geométrica;
- H: Altitude Ortométrica;
- N: Ondulação Geoidal;
- σ : Desvio Padrão; e
- CQ: Controle de Qualidade.

4.1 Levantamento geodésico

Na presente seção são apresentados os resultados obtidos dos levantamentos geodésicos para a execução das atividades relacionados ao trabalho, sendo eles o levantamento da rede geodésica local, dos pontos de apoio fotogramétrico aéreo e dos pontos de apoio para o levantamento topográfico.

4.1.1 Rede Geodésica Local

Após a realização do ajustamento das observáveis GNSS no *software* Topcon Tools, foram, também, calculadas as precisões dos marcos geodésicos M08 e M09. Na Tabela 4.1 estão expressas as coordenadas, no *datum* SIRGAS2000, projetadas em UTM 22 S e suas respectivas precisões, bem como as coordenadas das duas estações da RBMC que foram utilizadas no processamento relativo.

Tabela 4.1: Coordenadas ajustadas dos marcos e precisões

Ponto	N (m)	E (m)	h (m)	σ_N (m)	σ_E (m)	σ_h (m)
M08	6670229,925	434741,178	53,918	0,007	0,006	0,018
M09	6670607,174	434886,624	55,580	0,007	0,007	0,018

Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.2 Pontos de apoio do levantamento fotogramétrico aéreo

Para o cálculo das coordenadas dos pontos de apoio para o aerolevanteamento foi adotado o mesmo procedimento que foi aplicado para o cálculo dos marcos da rede geodésica local, com exceção aos pontos usados para o posicionamento relativo, que neste caso foram as coordenadas dos marcos M08 e M09, que foram calculadas no processamento anterior e injuncionadas como bases para o presente ajustamento.

Após determinadas às coordenadas dos GCP, através do software MAPGEO2010, disponibilizado pelo IBGE, foram obtidas as respectivas ondulações geoidais, possibilitando a conversão das altitudes elipsoidais em altitudes ortométricas, as quais foram utilizadas posteriormente na fototriangulação. Na Tabela 4.2 estão expressas as coordenadas, no *datum* SIRGAS2000, projetadas em UTM 22S e suas respectivas precisões.

Tabela 4.2: Coordenadas ajustadas dos pontos de apoio fotogramétrico e precisões

Ponto	N (m)	E (m)	h (m)	σ_N (m)	σ_E (m)	σ_h (m)	N (m)	H (m)
A1	6670703,882	434461,545	35,833	0,008	0,008	0,027	5,920	29,913
A2	6670724,067	434623,454	36,091	0,007	0,006	0,024	5,920	30,171
A3	6670950,605	434889,899	34,198	0,005	0,005	0,020	5,910	28,288
A5	6670956,393	435257,089	41,692	0,006	0,006	0,026	5,900	35,792
B1	6670578,207	434372,645	39,882	0,008	0,007	0,031	5,930	33,952
B2	6670640,397	434467,363	41,169	0,009	0,009	0,029	5,930	35,239
B3	6670686,967	434847,481	49,645	0,011	0,010	0,041	5,920	43,725
B4	6670733,928	435090,273	45,990	0,007	0,006	0,024	5,910	40,080
B5	6670811,566	435327,993	50,883	0,005	0,005	0,020	5,910	44,973
C1	6670408,262	434403,238	44,677	0,005	0,005	0,020	5,930	38,747
C2	6670381,165	434580,766	46,892	0,008	0,006	0,027	5,930	40,962
C3	6670477,166	434915,761	55,181	0,005	0,005	0,020	5,920	49,261
C4	6670525,310	435204,293	49,047	0,005	0,005	0,021	5,910	43,137
C5	6670487,200	435471,689	28,612	0,005	0,005	0,020	5,910	22,702
D1	6670222,736	434478,530	49,084	0,005	0,005	0,020	5,940	43,144
D2	6670220,650	434611,887	48,843	0,005	0,005	0,020	5,930	42,913
D3	6670260,293	434935,558	44,972	0,005	0,005	0,020	5,930	39,042
D4	6670341,994	435183,669	51,225	0,005	0,005	0,020	5,920	45,305
D5	6670376,550	435521,865	27,680	0,005	0,005	0,020	5,910	21,770
E1	6670043,166	434639,482	46,417	0,005	0,005	0,020	5,940	40,477
E2	6670052,569	434772,643	53,617	0,005	0,005	0,020	5,930	47,687
E4	6670095,643	435144,056	40,430	0,005	0,005	0,020	5,930	34,500

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode se observar que o resultado da precisão do ponto B3 é o pior, pois o mesmo se encontra em uma região onde contem obstruções do sinal GNSS por árvores muito altas. Quanto aos demais pontos os resultados foram condizentes com a realidade, apresentando desvio padrão médios de 0,005 m na horizontal e 0,020 m na vertical.

4.1.3 Pontos de apoio do levantamento topográfico convencional

O mesmo procedimento para a determinação dos pontos de apoio fotogramétrico, foi aplicado para o cálculo das coordenadas dos pontos de apoio para o levantamento topográfico e após serem determinadas às suas coordenadas, foi utilizado, mais uma vez, o *software* MAPGEO2010, para se obter as ondulações geoidais, possibilitando a conversão das altitudes elipsoidais em altitudes ortométricas, as quais foram utilizadas posteriormente nos cálculos das irradiações do levantamento topográfico. Na Tabela 4.3 estão expressas as coordenadas, no *datum* SIRGAS2000, projetadas em UTM 22 S e suas respectivas precisões.

Tabela 4.3: Coordenadas ajustadas das estações da poligonal e precisões

Ponto	N (m)	E (m)	h (m)	σ_N (m)	σ_E (m)	σ_h (m)	N (m)	H (m)
M08	6670229,925	434741,178	53,918	0,007	0,006	0,018	5,930	47,988
M09	6670607,174	434886,624	55,580	0,007	0,007	0,018	5,920	49,660
P01	6670828,062	435289,204	52,952	0,005	0,005	0,014	5,910	47,042
P02	6670862,366	435308,132	52,094	0,005	0,005	0,014	5,900	46,194
P03	6670905,818	435310,909	49,211	0,008	0,006	0,017	5,900	43,311
P04	6670906,633	435285,829	49,517	0,007	0,005	0,015	5,900	43,617
P05	6670891,323	435220,223	51,217	0,005	0,005	0,014	5,910	45,307
P06	6670862,549	435234,634	52,775	0,005	0,005	0,014	5,910	46,865
P07	6670819,065	435265,332	53,364	0,005	0,005	0,014	5,910	47,454
P08	6670792,728	435229,435	53,916	0,006	0,006	0,017	5,910	48,006
P09	6670763,226	435164,391	52,687	0,007	0,006	0,016	5,910	46,777
P10	6670519,253	434679,021	49,094	0,008	0,008	0,025	5,920	43,174
P11	6670166,186	434762,728	52,560	0,012	0,012	0,031	5,930	46,630

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Levantamento fotogramétrico

A seguir, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos dos levantamentos fotogramétricos, com enfatizando a aerotriangulação e o ortomosaico.

4.2.1 Aerotriangulação

No ANEXO A e ANEXO B são apresentados os relatórios completos gerados pelo programa Pix4D Mapper para os voos com GSD (*ground sampling distance* – resolução espacial) de 5 centímetros e 10 centímetros, respectivamente. O relatório gerado automaticamente pelo programa fornece uma grande quantidade de informações referentes ao processamento, entre as principais tem se, inicialmente, um sumário do projeto onde é apresentado o nome do projeto, a data em que foi processado o modelo da câmara usada, o GSD médio, a área coberta, o sistema de coordenadas, o tipo de processamento, etc. Após o sumário são apresentados uma verificação da qualidade, um *preview* do ortomosaico e do MDS (modelo digital de superfície), detalhes da calibração, detalhes do ajustamento por feixes perspectivos, detalhes da localização geográfica dos GCP e, finalmente, os detalhes da densificação da nuvem de pontos.

Como mostra os relatórios, o erro médio do processamento para o voo com GSD de 5 cm usando se 18 GCP foi de 0,029 m (0,58 *pixel*); já para o voo com GSD de 10 cm e usando se 22 GCP, o erro médio foi de 0,194 m (1,94 *pixel*). Uma possível causa da discrepância dos processamentos, um com erro de 0,58 *pixel* e outro com erro de 1,94 *pixel*, é os alvos pré-sinalizados, pois no voo com resolução espacial de 10cm o centro dos mesmos não era de fácil identificação ocasionando em um erro de medida durante o processamento, o que não ocorreu no processamento com GSD de 5cm.

4.2.2 Ortomosaico

Apesar do resultado do processamento do voo com resolução maior ser melhor (0,029), a qualidade do ortomosaico por ele gerado não foi satisfatória em algumas regiões, comparado com o ortomosaico do voo de 10 cm de resolução espacial. Percebe se que as áreas onde contem vegetação alta os resultados de ambos os ortomosaicos apresentam falhas, como mostrado na Figura 4.1. Cabe ressaltar que as edificações também sofreram com este problema e, muitas vezes, no ortomosaico com GSD de 5 cm o limite entre o telhado e o terreno não era possível de ser delimitado, como mostrado na Figura 4.2, neste caso, se o ortomosaico fosse usado para a vetorização das edificações, por exemplo, a qualidade dos resultados seria afetada. Uma provável causa para essas distorções é a altitude de voo, pois quanto mais baixo a aeronave voa, maior a influencia dos ângulos de atitude do sensor nas fotografias, outra possível causa é a falta de medição de pontos de ligação de forma manual

ou ainda a geração do MDT de forma automática pelo *software* ocasionando uma baixa qualidade do ortofotomosaico uma vez que se usa o MDT para ortorretificar as imagens.

Figura 4.1: Comparação da vegetação nos mosaicos



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4.2: Comparação das edificações nos mosaicos



Fonte: Elaborado pelos autores

4.3 Levantamento topográfico

A elaboração do desenho final das feições resultantes dos levantamentos topográficos, ocorreu através da exportação e vetorização dos pontos obtidos no processamento com o *software* Topcon Tools, coordenadas das estações (Tabela 4.4) e das irradiações, no *software* AutoCAD Civil 3D 2015.

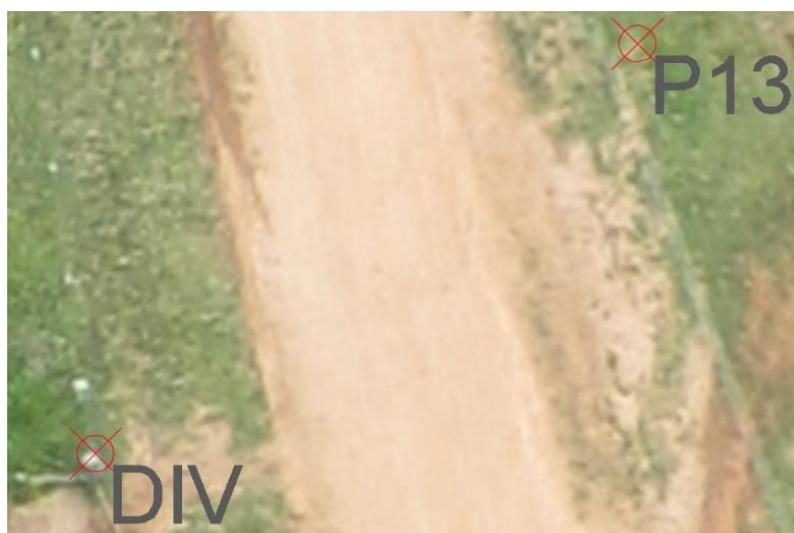
Tabela 4.4: Coordenadas ajustadas das estações do levantamento topográfico e precisões

Ponto	N (m)	E (m)	H (m)	σ_N (m)	σ_E (m)	σ_H (m)
P01	6670828,062	435289,204	47,024	0,005	0,005	0,014
P02	6670862,366	435308,132	46,194	0,005	0,005	0,014
P03	6670905,807	435310,967	43,318	0,008	0,006	0,017
P04	6670906,652	435285,853	43,625	0,007	0,005	0,015
P05	6670891,323	435220,223	45,307	0,005	0,005	0,014
P06	6670862,549	435234,634	46,865	0,005	0,005	0,014
P07	6670819,073	435265,323	47,456	0,009	0,006	0,008
P08	6670792,728	435229,435	48,006	0,006	0,006	0,017
P09	6670763,226	435164,391	46,777	0,007	0,006	0,016
P10	6670519,253	434679,021	43,174	0,008	0,008	0,025
P10	6670519,253	434679,021	43,174	0,008	0,008	0,025
P10	6670519,253	434679,021	43,174	0,008	0,008	0,025
P11	6670166,186	434762,728	46,63	0,012	0,012	0,031
P12	6670491,469	434582,339	42,361	0,01	0,008	0,018
P13	6670425,384	434649,547	42,493	0,009	0,007	0,016

Fonte: Elaborado pelos autores

No desenho foi possível visualizar os vértices medidos de estações diferentes e traçar o ponto médio para o desenho. Na média, tais pontos não divergiram mais do que 10 cm. Também foi possível ter uma estimativa da alta qualidade dos levantamentos, quando comparados pontos de cerca medidos com a estação total aos ortomosaicos. Na Figura 4.3, é possível observar que o ponto medido com a estação total, usando o moirão como anteparo do sinal do medidor de distância do equipamento, está coerente com a imagem.

Figura 4.3: Ponto de estação total junto ao ortomosaico de 5 cm de resolução



Fonte: Elaborado pelos autores

4.4 Levantamento de informações cadastrais

O resultado do levantamento cadastral é uma base de dados apresentada na forma de boletins de informações cadastrais somados a uma série de plantas individuais de cada edificação (apresentados no APÊNDICE A). Nas plantas são representados dois tipos de levantamento da mesma feição, sendo um deles levantado por fotogrametria (área total) e o outro por levantamento topográfico convencional (área privativa). Ao se orçar um levantamento cadastral realizado de forma convencional (topografia e pesquisa cadastral), muitas vezes, as prefeituras de cidades menores acabam não realizando o cadastramento e a fotogrametria pode ser uma ferramenta utilizada nestes casos.

Após ter calculado as áreas das edificações por métodos fotogramétricos (medidas no telhado) e por métodos topográficos (medidas nas paredes) foi analisado as quinze edificações que apresentavam um padrão de construção. Foi verificado um acréscimo em média de um metro da aba do telhado em relação às paredes nessas edificações. Foi obtido o percentual das áreas privativas em relação à área total e com a média desses valores foi definido um fator de correção, que é de 75,32%. Esse fator foi multiplicado pela área total (obtida por fotogrametria) e foi definido assim um novo valor de área privativa, conforme Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Cálculo do fator de correção para a área total e área privativa

Código	Área Privativa (m ²)	Área Total (m ²)	Relação entre área privativa e área total (%)	Área Privativa aplicada ao fator de correção (m ²)
PDE01	101,52	142,37	71,31	107,23
PDE02	225,10	290,59	77,46	218,88
PDE03	108,83	148,96	73,06	112,20
PDE07	150,85	192,83	78,23	145,24
PDE08	41,05	55,44	74,05	41,75
PDE10	23,07	31,02	74,37	23,36
PDE13	125,61	168,71	74,45	127,07
PDE15	82,25	103,93	79,14	78,28
PDE17	236,09	325,47	72,54	245,14
PDE18	625,56	815,05	76,75	613,90
PDE19	25,27	36,18	69,84	27,25
PDE20	84,64	113,27	74,73	85,31
PDE22	176,90	230,67	76,69	173,74
PDE23	216,15	273,02	79,17	205,64
PDE24	178,28	228,64	77,98	172,21
Média			75,32%	

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando que no Parágrafo 1º do Artigo 500 do Código Civil – Lei 10406/02 presume-se que a referência às dimensões foi simplesmente enunciativa, quando a diferença encontrada não exceder de um vinte avos da área total enunciada, ressalvado ao comprador o direito de provar que, em tais circunstâncias, não teria realizado o negócio.

Baseado no Artigo 500 do Código Civil, foi comparado às diferenças obtidas entre a área privativa aplicada ao fator de correção e a área privativa com um vigésimo da área privativa medida por topografia, conforme mostrado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Análise das áreas

Código	Área Privativa (m²)	Diferença entre Área Privativa Inicial e Final (m²)	Excedeu 1/20 da área enunciada
PDE01	5,08	5,71	Sim
PDE02	11,26	-6,23	Não
PDE03	5,44	3,37	Não
PDE07	7,54	-5,61	Não
PDE08	2,05	0,71	Não
PDE10	1,15	0,29	Não
PDE13	6,28	1,46	Não
PDE15	4,11	-3,97	Não
PDE17	11,80	9,05	Não
PDE18	31,28	-11,66	Não
PDE19	1,26	1,98	Sim
PDE20	4,23	0,67	Não
PDE22	8,84	-3,16	Não
PDE23	10,81	-10,52	Não
PDE24	8,91	-6,07	Não

Fonte: Elaborado pelos autores

Em dois casos (PDE01 e PDE19) verificou-se uma área maior que um vigésimo da área inicial ou verdadeira. Apenas nesses casos o proprietário da edificação poderia reivindicar um novo cálculo de sua propriedade para fins de compra e venda ou tributação.

Quando a Fotogrametria for opção para o levantamento de dados para o cadastro técnico, é possível em municípios ou bairros com padrão de construção das edificações, estabelecer um fator de correção para calcular a área privativa através da área total medida no telhado e, assim, analisar a viabilidade de tal procedimento.

4.5 Edição

O resultado final da edição é o Mapa cadastral da região central da estação experimental da UFRGS, gerado pela compilação de todos os dados levantados. No mapa, são representadas todas as feições levantadas durante o trabalho: edificações e seus respectivos materiais construtivos, curvas de nível com equidistância de 2 metros, campo, vegetação arbustiva e ou arbórea, acessos, banhado, marcos geodésicos, trecho de drenagem e rede elétrica, como mostrado no APÊNDICE B.

4.6 Controle de qualidade

Conforme o decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da Cartografia nacional, o padrão de exatidão cartográfica (PEC) classe A planimétrico é 0,5 mm, na escala da carta, e altimétrico é metade da equidistância das curvas de nível. Sendo que para assegurar tais valores é necessário que 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não apresentem erro superior ao PEC planimétrico e que 90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não apresentem erro superior ao PEC altimétrico.

Para a realização do controle de qualidade e posterior cálculo do PEC, do mapa, foram escolhidos 20 pontos para o controle de qualidade horizontal, como o ponto da Figura 4.4. Foram escolhidos pontos bem definidos na imagem.

Figura 4.4: Medição de um ponto para o controle de qualidade horizontal



Fonte: Elaborado pelos autores

Para o controle de qualidade vertical, também foram escolhidos 20 pontos, como o ponto da Figura 4.5. Foram escolhidos pontos em regiões isoladas, com relevo plano no entorno, para que a diferença planimétrica fosse irrelevante.

Figura 4.5: Medição de um ponto para o controle de qualidade vertical

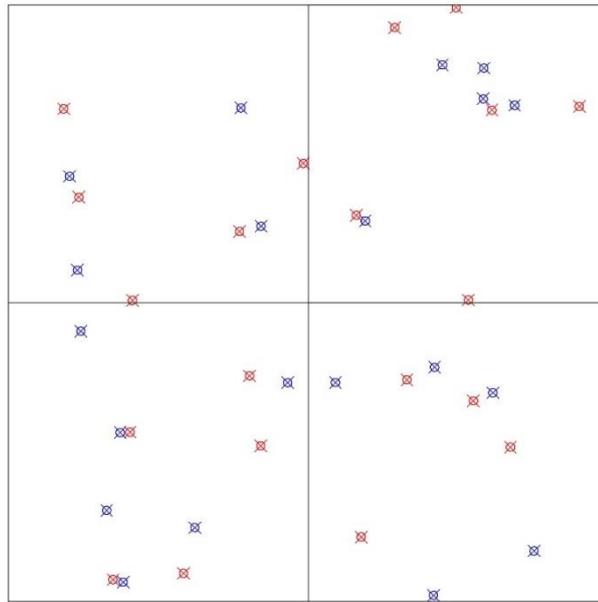


Fonte: Elaborado pelos autores

Foi escolhido o valor de 20 pontos para verificar a qualidade, segundo aplicação da fórmula de Pereira (1978) apud Rocha (2002), para determinação do tamanho da amostra de pontos.

Os pontos foram selecionados para cobrir a região mapeada de forma homogênea, aproximadamente 5 pontos por quadrante, como mostrado na Figura 4.6 (em vermelho, controle de qualidade vertical e, em azul, controle de qualidade horizontal).

Figura 4.6: Pontos do mapa selecionados para o controle de qualidade



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Tabela 4.7 estão contidas todas as coordenadas dos pontos selecionados para o cálculo do PEC horizontal. Considerando os valores resultantes das diferenças entre as coordenadas N e E, é possível afirmar que o PEC é 0,163 m, uma vez que 90% da amostra não apresenta erro maior que tal valor. Sabendo que o PEC planimétrico classe A é igual a 0,5 mm vezes a escala da carta, a escala de referência obtida é 1/326.

Tabela 4.7: Análise da qualidade horizontal do trabalho

Ponto	N _{CO} (m)	E _{CO} (m)	N _{Mada} (m)	E _{Mada} (m)	N _{Mada} - N _{CO} (m)	E _{Mada} - E _{CO} (m)	Resultante (m)
H01	6670116,829	434684,762	6670116,987	434684,722	0,157	-0,040	0,163
H02	6670224,995	434660,088	6670225,006	434660,112	0,011	0,024	0,026
H03	6670198,984	434792,144	6670199,042	434792,128	0,058	-0,016	0,060
H04	6670342,321	434680,395	6670342,285	434680,379	-0,036	-0,016	0,040
H05	6670417,561	434931,345	6670417,619	434931,376	0,058	0,031	0,066
H06	6670495,409	434621,280	6670495,438	434621,270	0,029	-0,010	0,030
H07	6670587,482	434616,228	6670587,530	434616,031	0,048	-0,197	0,203
H08	6670653,583	434891,357	6670653,492	434891,394	-0,092	0,037	0,099
H09	6670728,907	434604,613	6670728,863	434604,526	-0,044	-0,087	0,097
H10	6670832,101	434861,167	6670832,188	434861,058	0,087	-0,109	0,139
H11	6670661,733	435047,590	6670661,787	435047,472	0,054	-0,118	0,130
H12	6670896,974	435163,299	6670897,043	435163,240	0,069	-0,059	0,091
H13	6670892,148	435225,320	6670892,171	435225,377	0,023	0,057	0,062
H14	6670836,117	435271,575	6670836,120	435271,656	0,003	0,081	0,081
H15	6670845,823	435224,512	6670845,778	435224,573	-0,045	0,061	0,076
H16	6670417,863	435002,743	6670417,843	435002,651	-0,020	-0,092	0,094
H17	6670440,883	435151,412	6670440,892	435151,392	0,009	-0,020	0,022
H18	6670402,395	435238,841	6670402,388	435238,800	-0,007	-0,041	0,042
H19	6670163,782	435300,456	6670164,008	435300,488	0,226	0,032	0,228
H20	6670096,948	435149,866	6670096,958	435149,871	0,010	0,005	0,011
σ					0,072	0,071	0,059
Média					0,030	-0,024	0,088

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Tabela 4.8, estão contidas as coordenadas dos pontos selecionados para o PEC vertical. Considerando os valores das diferenças entre as coordenadas H, é possível afirmar que o PEC é 0,202 m, uma vez que 90% da amostra não apresenta erro maior que tal valor. Sabendo que o PEC altimétrico classe A é igual a metade da equidistância das curvas, a equidistância de referência entre curvas de nível obtida é de 0,404 m.

Tabela 4.8: Análise da qualidade vertical do trabalho

Ponto	N_{CQ} (m)	E_{CQ} (m)	H_{CQ} (m)	$H_{5\text{ cm}}$ (m)	$H_{5\text{ cm}} - H_{CQ}$ (m)
V01	6670130,049	434775,184	46,056	46,229	0,173
V02	6670120,619	434669,618	44,704	45,111	0,407
V03	6670322,417	434890,859	42,700	42,777	0,077
V04	6670343,003	434695,263	44,374	44,348	-0,026
V05	6670427,956	434874,302	45,431	45,424	-0,007
V06	6670541,647	434698,538	43,202	43,226	0,024
V07	6670645,725	434859,176	47,033	47,119	0,086
V08	6670697,308	434618,471	32,229	32,231	0,002
V09	6670748,344	434954,677	40,963	40,912	-0,051
V10	6670830,633	434595,722	28,296	28,503	0,207
V11	6670953,413	435091,628	34,376	34,504	0,128
V12	6670983,386	435183,737	36,112	36,284	0,172
V13	6670828,755	435237,441	47,827	47,637	-0,190
V14	6670834,309	435368,351	43,667	43,656	-0,011
V15	6670670,328	435034,179	40,784	40,715	-0,069
V16	6670542,423	435202,232	42,518	42,560	0,042
V17	6670422,050	435109,959	47,236	47,285	0,049
V18	6670390,298	435209,635	45,088	45,290	0,202
V19	6670320,476	435265,215	39,914	40,046	0,132
V20	6670184,924	435041,414	41,002	40,980	-0,022
σ					0,129
Média					0,066

Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Os objetivos propostos nesse trabalho foram alcançados com sucesso, ou seja, a geração do mapa cadastral da região central da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, o banco de dados cadastrais e a comparação entre as áreas privativas e totais das edificações. Por se tratar de uma região pequena, em torno de 1 km², torna-se possível a execução de um levantamento nesse nível de detalhe por uma equipe de poucos profissionais. O aprendizado proporcionado durante a elaboração do trabalho através da aplicação das teorias na prática e consulta constante aos orientadores e demais colegas e profissionais envolvidos na área demonstra que este trabalho cumpriu com a sua função. Também ajudou a preparar o profissional para o mercado de trabalho na execução e ou fiscalização de projetos cartográficos, reforçando o embasamento teórico adquirido ao longo do curso superior. Além disso, cabe destacar que as atividades foram realizadas em grupo, dessa maneira o trabalho possibilitou a interação entre colegas, cooperando para a execução das tarefas do projeto.

Durante o trabalho foi oportunizado o uso de VANT para a aquisição das fotografias que serviriam de subsídio para a realização do levantamento fotogramétrico, a utilização deste nas atividades de mapeamento ainda é algo novo, desta forma a execução do trabalho possibilitou a utilização dessa tecnologia de ponta. Através dessa plataforma é possível planejar e executar vários voos com facilidade. No entanto as etapas de implantação dos GCP e processamento dos dados adquiridos em campo demandaram mais tempo.

Cabe ressaltar que, por se tratar de uma aeronave pequena, as condições climáticas interferem consideravelmente na aquisição dos dados, principalmente o vento, fazendo com que as faixas de voo fiquem sinuosas e, em alguns casos, não tenha sobreposição entre as fotografias. Durante a execução do aerolevante no primeiro dia ocorreram rajadas de vento que impossibilitaram o uso do VANT, mas ao retornarmos ao campo em outra data, com ventos moderados, o levantamento foi realizado com sucesso.

O levantamento topográfico e cadastral possibilitou a aquisição de dados que não são possíveis de serem determinados através das fotografias, possibilitando que o produto final conseguisse manter os níveis de qualidade inicialmente propostos. Desta forma é possível dizer que a integração dos métodos de levantamento é de suma importância nas atividades profissionais, uma vez que há limitações de custos, tempo, equipamentos, técnicas e recursos humanos.

Quanto à elaboração dos produtos e processamentos, a Universidade disponibilizou computadores e *softwares* de última geração possibilitando a execução das atividades previstas de forma rápida e eficiente. A análise dos resultados consolidaram algumas metodologias que já são usuais (levantamento cadastral por topografia convencional) e mostrou as limitações e resultados das demais metodologias utilizadas (levantamento cadastral com uso de VANT).

O controle de qualidade aplicado ao produto final mostrou que a qualidade horizontal do mapa (0,16 cm) pela integração das técnicas pode ser usada para muitas aplicações cadastrais, mas neste caso ocorre um barateamento do levantamento como um todo, pois a massiva maioria das informações foi extraída da Fotogrametria.

5.2 Recomendações

Após o término do trabalho, constatou-se que algumas metodologias aplicadas durante a execução das atividades podem ser melhoradas e alguns materiais substituídos a fim de auxiliar os levantamentos.

Levantamento geodésico: percebe-se que o levantamento geodésico referente aos pontos de apoio fotogramétrico e topográfico foi custoso, então recomenda-se que o método de posicionamento GNSS utilizado possa ser o RTK (*real time kinematic*). Nesse tipo de levantamento o tempo de rastreamento é drasticamente reduzido podendo durar poucos segundos e oferecer precisão compatível com a do posicionamento estático de longa duração.

Levantamento topográfico: durante os levantamentos topográficos foi observada uma dificuldade em operar o equipamento. Esse tipo de situação poderia ter sido evitada se os integrantes do grupo tivessem treinado algumas atividades topográficas com o equipamento antes de ir para o campo.

Levantamento fotogramétrico: o levantamento fotogramétrico apresentou uma série de restrições e limitações da aeronave e seu uso, entre elas cita-se a impossibilidade de voar em área urbana, por isso a execução do trabalho foi em área rural. Quanto ao fato dos ângulos de inclinação da aeronave serem maiores do que os valores usuais, o processamento deve ser executado de forma cuidadosa e o controle de qualidade se torna indispensável para a correta avaliação dos produtos gerados a partir das fotografias.

Pré-sinalização dos alvos (GCP): quanto à elaboração dos alvos, é importante dizer que os mesmos devem ser confeccionados com material opaco e as dimensões do menor elemento constituinte do alvo devem ser superiores a três vezes a resolução espacial do voo,

pois nos casos onde o terreno é inclinado, somado a inclinação da aeronave, a identificação do centro do alvo acaba sendo afetada e esse erro se propaga para os resultados. Quanto a quantidade de GCP, também é importante dizer que já existem estudos onde são testados a quantidade de pontos de apoio e os resultados finais do processamento, por exemplo, em Alves Júnior et al (2015) é apresentado um experimento com 4, 8 e 16 GCPs para um mesmo voo e os resultados obtidos no ortofotomosaico da área levantada.

Boletim de informações cadastrais (BIC): durante o trabalho foi elaborado e usado um BIC em formato analógico, é recomendado para trabalhos futuros a elaboração e preenchimento do mesmo em formato digital, aumentando assim a produtividade.

Disponibilização dos produtos gerados para os gestores da EEA: após a geração de todos os produtos do trabalho, é recomendado que sejam disponibilizados para os gestores da EEA, para que possam utilizar no planejamento do espaço.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. B. de. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998.

ALVES JÚNIOR, L. R. ; CORTES, J. B. R. ; FERREIRA, M. E. **Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT**. In: XVII SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015, João Pessoa - PB. Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133 - **Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro: 1994.

AUTODESK.	Home	Page.
< http://store.autodesk.com.br/store/adskbr/pd/productID.297561200?adsk_t=false >		

BLACHUT, TeodorJ..**Urban surveying and mapping**. New York : Springer-Verlag, 1979.

BRASIL.	Código	Civil.	Disponível	em:
http://www.jusbrasil.com.br/topicos/10700524/artigo-500-da-lei-n-10406-de-10-de-janeiro-de-2002				

BRITO, J. L. N. e S.; COELHO FILHO, L. C. T. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro:EdUERJ, 2007.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - CEPAM. **Cadastro Técnico Municipal**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima,1991.

COELHO, L; BRITO, J. N. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007. 196 p.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987. 655p.

FIG.**Statement on the Cadastre**. <http://www.fig.net/commission7/reports/cadastre/statement_on_cadastre.html>.Acesso: 15 jul. 2012.

GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994.

GOOGLE MAPS. **Google Maps**. Disponível em <<https://maps.google.com.br/>> Acesso em: 05jul. 2014.

HASEGAWA, J. K. **Restituição Fotogramétrica (Analítica e Digital): Teoria das Orientações – Introdução**. 2004. 25p. Digitalizado.

HASENACK, Markus. **Originais do levantamento topográfico cadastral: possibilidade de sua utilização para garantia dos limites geométricos dos bens imóveis**. Florianópolis, 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema geodésico brasileiro: banco de dados geodésicos**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/bdgpesq_googlemaps.php#tabela_dados>. Acesso: 09 jul. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Home Page**. <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em 15 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Padronização de Marcos Geodésicos**. Rio de Janeiro: 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. Rio de Janeiro: 2008.

KOLIDA INSTRUMENT. **Home Page**. <<http://www.kolidainstrument.com/userfiles/20129618734.pdf>>. Acesso em 25 nov. de 2015

KRANZ, E; RAMOS, G. S; BLENDOW, G. D. **Mapeamento topográfico cadastral da região urbana de Presidente Lucena**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

LIMA, O. P.; LOCH, C. **O Uso de Câmaras Fotográficas de Pequeno Porte nos Levantamentos Cartográficos Destinados ao Cadastro Técnico Multifinalitário.** In: Congresso Brasileiro de Cadastro Multifinalitário – COBRAC, 1998, Florianópolis. Anais... UFSC, 1998.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano.** Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

LUGNANI, J. B. **Introdução à Fototriangulação.** Curitiba: Editora da UFPR, 1987.

McGlone, Chris (2004). **Manual of Photogrammetry (5th ed.).** Bethesda, MA, USA: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. ISBN 1-57083-071-1.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Editora UNESP, 2008.

PHILIPS, J.; (1996). **Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários.** In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2** Florianópolis, 1996. Anais. Florianópolis, p. (II) 170-183.

REISS, M. L. L., 2007. **Reconstrução tridimensional digital de objetos à curta distância por meio de luz estruturada.** Presidente Prudente: UNESP.

RIBEIRO, J. C., 2000. **Fotogrametria Digital.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

ROCHA, R. S. 2002. **Exatidão cartográfica para cartas digitais urbanas.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis - SC.

Santiago & Cintra. **Sensefly.** Disponível em < <http://www.santiagoecintra.com.br/>> Acesso em: 05jul. 2014.

SCHENK, T.; (1999). **Digital Photogrammetry, V. 1.** Laurelville. TerraScience.

SEEBER, Günter. **Satellite Geodesy: foundations, methods and applications**. Berlin, New-York: Walter de Gruyter, 1993.

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria Básica**. 2004. 181 p. Digitado.

TOPCON POSITIONING. **Home Page**. <<http://www.topconpositioning.com/products> >. Acesso em 10 dez. 2015

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de topografia**. Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2012.

ANEXO A - Relatório do processamento gerado pelo Pix4D Mapper para o voo com GSD de 5 cm.

Quality Report



Generated with version 1.2.88

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the feature

💡 For additional tips to analyze the Quality Report, click [here](#).

Summary **i**

Project	2014 - tcc - 5 cm
Processed	2015-Jan-25 02:17:11
Camera Model Name	CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(1)
Camera Model Name	CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(2)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	4.84 cm / 1.9 in
Area Covered	1.2442 km ² / 124.422 ha / 0.4806 sq. mi. / 307.613 acres
Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 22S
Processing Type	full aerial nadir
Feature Extraction Image Scale	1
Camera Model Parameter Optimization	optimize externals and all internals
Time for Initial Processing (without report)	40m:52s

Quality Check **i**

? Images	median of 25061 keypoints per image	✓
? Dataset	184 out of 184 images calibrated (100%), 35 images disabled	✓
? Camera Optimization	0.92% relative difference between initial and final focal length	✓
? Matching	median of 6197.39 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	18 GCPs (18 3D), mean error = 0.029 m	✓

? Preview

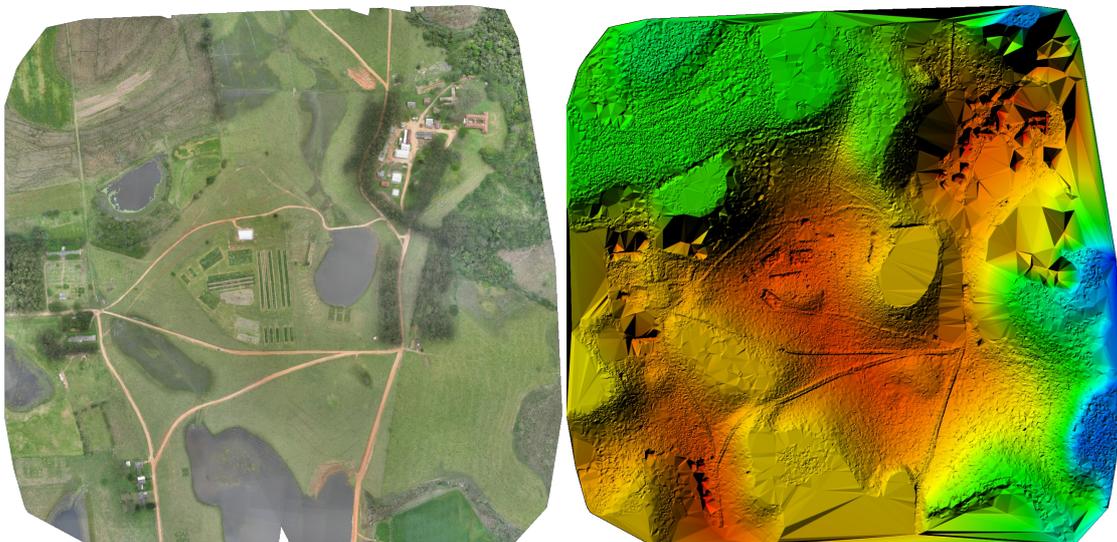


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Number of Calibrated Images	184 out of 219
Number of Geolocated Images	219 out of 219

? Initial Image Positions

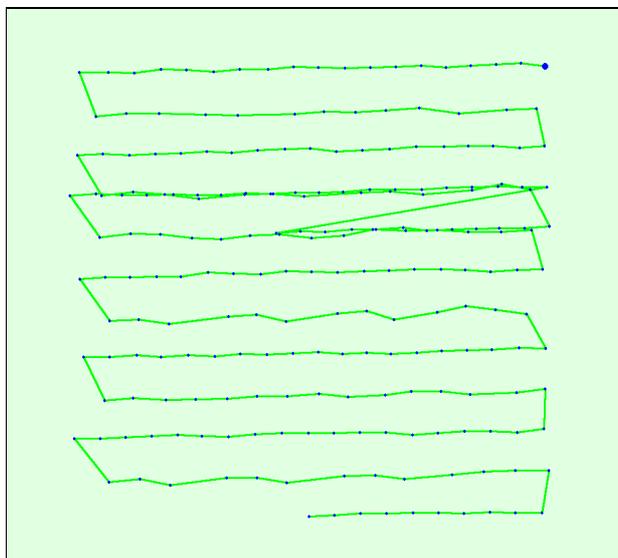
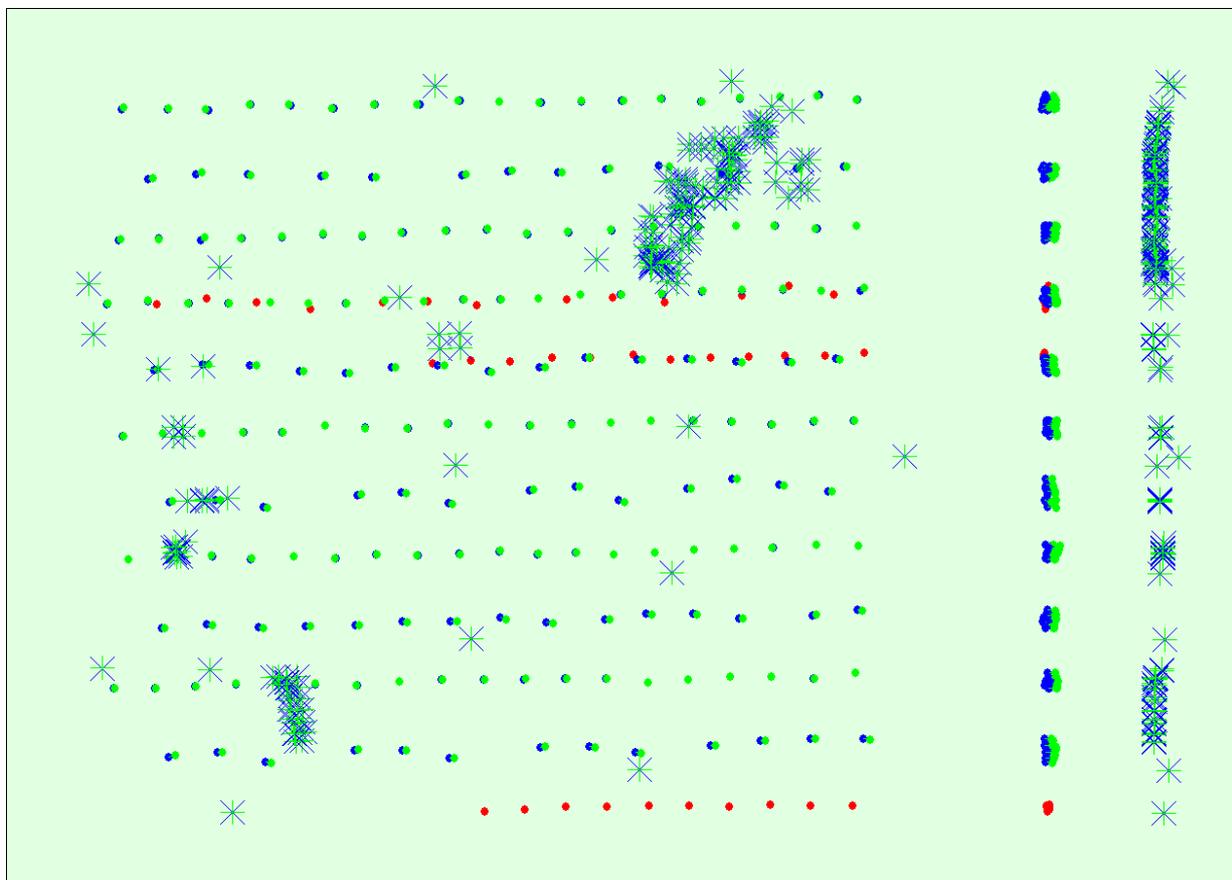


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

? Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



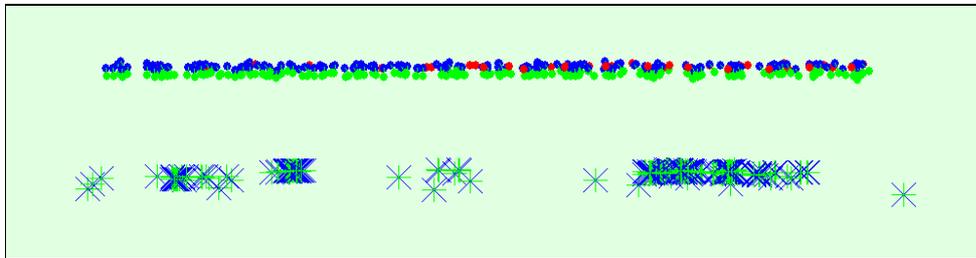


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

Overlap

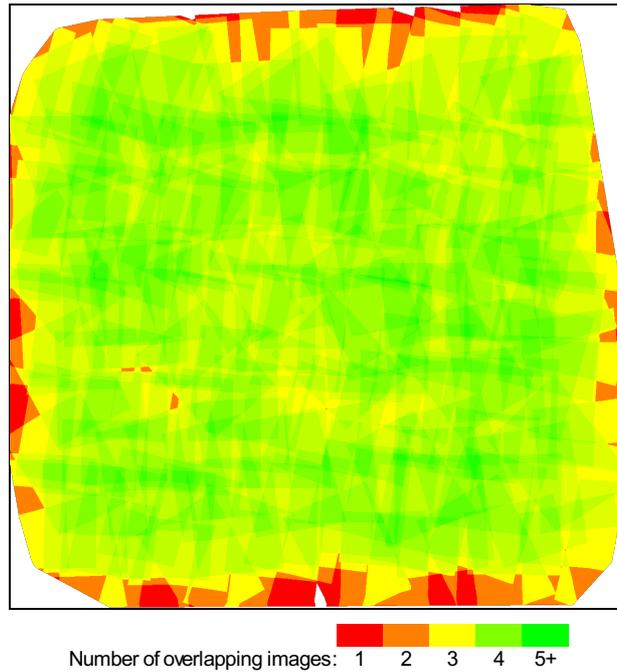


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1276368
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	515224
Mean Reprojection Error [pixels]	0.288533

Internal Camera Parameters

CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(1). Sensor Dimensions: 6.2 [mm] x 4.65 [mm]

EXIF ID: CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2839.640 [pixel] 4.400 [mm]	2019.760 [pixel] 3.129 [mm]	1547.000 [pixel] 2.397 [mm]	-0.043	0.026	-0.006	0.001	0.002
Optimized Values	2808.918 [pixel] 4.352 [mm]	1995.649 [pixel] 3.092 [mm]	1458.303 [pixel] 2.259 [mm]	-0.040	0.017	0.001	-0.004	-0.001

Internal Camera Parameters



EXIF ID: CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2839.640 [pixel] 4.400 [mm]	2019.760 [pixel] 3.129 [mm]	1547.000 [pixel] 2.397 [mm]	-0.043	0.026	-0.006	0.001	0.002
Optimized Values	2817.805 [pixel] 4.366 [mm]	1994.736 [pixel] 3.091 [mm]	1459.369 [pixel] 2.261 [mm]	-0.041	0.018	0.000	-0.004	-0.000

2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	25061	6197
Mn	2973	811
Max	59681	19159
Mean	27165	6937

2D Keypoints Table for Camera CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(1)

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	37475	6446
Mn	13615	947
Max	59681	19159
Mean	35888	8259

2D Keypoints Table for Camera CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(2)

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	21562	6123
Mn	2973	811
Max	54617	15365
Mean	23821	6430

Median / 75% / Maximal Number of Matches Between Camera Models

	CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(1)	CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(2)
CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(1)	233 / 1053 / 12737	82 / 309 / 2350
CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)(2)		238 / 868 / 7294

3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	368879
In 3 Images	85800
In 4 Images	34114
In 5 Images	16848
In 6 Images	7056
In 7 Images	2105
In 8 Images	362
In 9 Images	53
In 10 Images	7

3D Points from 2D Keypoint Matches

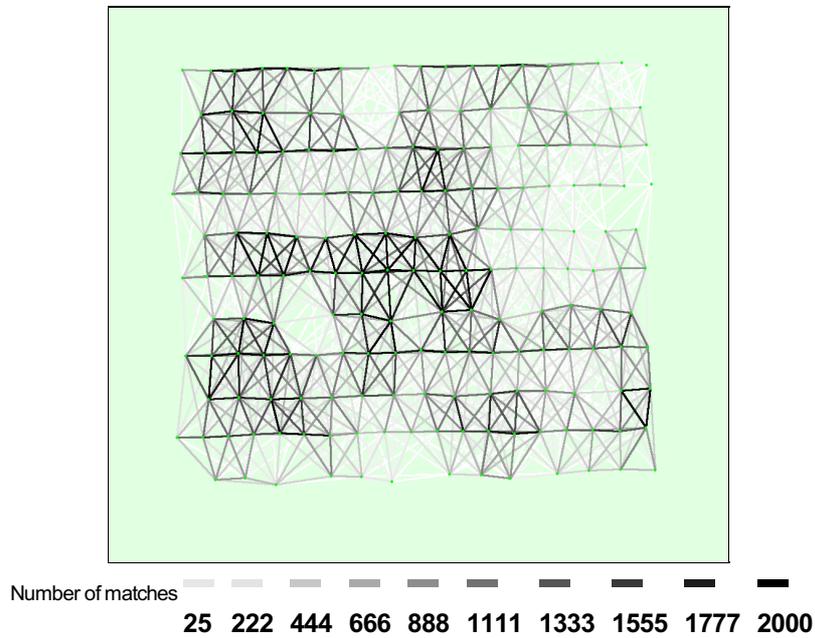


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Manual Tie Points

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp50	0.487	5 / 5
mtp51	0.621	7 / 7
mtp52	0.339	6 / 6
mtp53	0.387	5 / 5
mtp54	0.578	7 / 7
mtp55	0.748	7 / 7
mtp56	0.800	6 / 6
mtp57	0.460	4 / 4
mtp63	0.477	5 / 5
mtp64	0.014	2 / 2
mtp65	0.666	5 / 5
mtp66	0.573	5 / 5
mtp67	0.620	4 / 4
mtp68	0.434	4 / 4
mtp69	0.238	2 / 2
mtp70	0.309	4 / 4
mtp71	0.777	6 / 6
mtp72	0.682	5 / 5
mtp73	0.315	4 / 4
mtp74	0.680	5 / 5
mtp75	0.333	2 / 2
mtp76	0.625	5 / 5
mtp77	0.583	6 / 6
mtp78	0.268	5 / 5
mtp91	0.653	5 / 5
mtp92	0.837	5 / 5
mtp93	0.711	5 / 5
mtp94	0.465	6 / 6
mtp95	0.550	5 / 5
mtp96	0.503	6 / 6
mtp97	0.469	4 / 4
mtp98	0.421	4 / 4
mtp109	0.538	4 / 4
mtp110	0.539	3 / 3
mtp111	0.662	3 / 3
mtp112	0.379	3 / 3

mtp113	0.349	3 / 3
mtp114	0.442	3 / 3
mtp115	0.734	4 / 4
mtp116	0.462	4 / 4
mtp117	0.453	4 / 4
mtp118	0.432	4 / 4
mtp119	0.781	5 / 5
mtp120	0.669	5 / 5
mtp121	0.276	4 / 4
mtp122	0.517	4 / 4
mtp123	0.824	4 / 4
mtp124	0.763	4 / 4
mtp125	0.610	4 / 4
mtp126	0.673	4 / 4
mtp127	0.792	5 / 5
mtp128	0.812	5 / 5
mtp129	0.552	5 / 5
mtp130	0.621	4 / 4
mtp131	0.613	6 / 6
mtp132	0.599	5 / 5
mtp133	0.674	5 / 5
mtp134	0.573	5 / 5
mtp135	0.796	5 / 5
mtp136	0.764	5 / 5
mtp137	0.859	5 / 5
mtp138	0.791	6 / 6
mtp139	0.966	5 / 5
mtp140	0.642	4 / 4
mtp149	0.242	4 / 4
mtp150	0.148	5 / 5
mtp151	0.434	5 / 5
mtp152	0.339	5 / 5
mtp153	0.109	2 / 2
mtp154	0.500	3 / 3
mtp155	0.475	4 / 4
mtp156	0.508	4 / 4
mtp160	0.179	5 / 5
mtp161	0.542	3 / 3
mtp162	0.706	5 / 5
mtp163	0.749	4 / 4
mtp164	0.452	4 / 4
mtp165	0.528	3 / 3
mtp166	0.246	4 / 4
mtp167	0.142	4 / 4
mtp168	0.849	4 / 4
mtp169	0.522	4 / 4
mtp170	0.241	4 / 4
mtp171	0.589	4 / 4
mtp181	0.204	4 / 4
mtp182	0.522	2 / 2
mtp183	0.326	2 / 2
mtp184	0.452	4 / 4
mtp185	0.371	3 / 3
mtp186	0.602	5 / 5
mtp187	0.301	4 / 4
mtp188	0.813	6 / 6
mtp189	0.723	5 / 5
mtp190	0.548	5 / 5
mtp191	0.545	5 / 5
mtp192	0.526	5 / 5
mtp193	0.665	5 / 5

mtp194	0.717	5 / 5
mtp195	0.706	5 / 5
mtp196	0.596	5 / 5
mtp197	0.354	4 / 4
mtp198	0.339	5 / 5
mtp199	0.761	3 / 3
mtp200	0.591	4 / 4
mtp201	0.404	4 / 4
mtp202	0.334	3 / 3
mtp214	0.830	5 / 5
mtp215	0.765	5 / 5
mtp216	0.204	3 / 3
mtp217	0.289	3 / 3
mtp218	0.856	5 / 5
mtp219	0.706	5 / 5
mtp220	0.439	4 / 4
mtp221	0.705	3 / 3
mtp225	0.521	3 / 3
mtp226	0.080	2 / 2
mtp227	0.403	4 / 4
mtp229	0.510	3 / 3
mtp230	0.502	2 / 2
mtp231	0.503	4 / 4
mtp232	0.596	5 / 5
mtp233	0.373	4 / 4
mtp234	0.816	6 / 6
mtp235	0.454	4 / 4
mtp249	0.510	4 / 4
mtp250	0.278	5 / 5
mtp251	0.445	4 / 4
mtp257	0.378	4 / 4
mtp258	0.382	4 / 4
mtp259	0.547	5 / 5
mtp260	0.527	4 / 4
mtp261	0.701	5 / 5
mtp262	0.786	4 / 4
mtp263	0.502	2 / 2
mtp264	0.436	3 / 3
mtp265	0.343	3 / 3
mtp266	0.752	3 / 3
mtp267	0.764	4 / 4
mtp268	0.595	2 / 2
mtp269	0.372	3 / 3
mtp270	0.664	3 / 3
mtp271	0.439	2 / 2
mtp280	0.605	6 / 6
mtp281	0.151	2 / 2
mtp282	0.395	3 / 3
mtp285	0.457	5 / 5
mtp286	0.514	5 / 5
mtp287	0.831	5 / 5
mtp288	0.527	4 / 4
mtp289	0.395	4 / 4
mtp290	0.558	2 / 2
mtp291	0.433	6 / 6
mtp292	0.477	6 / 6
mtp293	0.396	5 / 5
mtp294	0.313	6 / 6
mtp295	0.383	6 / 6
mtp296	0.467	6 / 6
mtp297	0.265	5 / 5

mtp298	0.313	6 / 6
mtp300	0.198	5 / 5
mtp301	0.376	4 / 4
mtp302	0.423	4 / 4
mtp303	0.181	4 / 4
mtp304	0.372	5 / 5
mtp305	0.283	3 / 3
mtp307	0.397	4 / 4
mtp312	0.169	2 / 2

Projection errors for manual tie points. The last column counts the number of images where the manual tie point has been automatically verified v.s. manually marked.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
A1 (3D)	0.025/0.052	-0.001	-0.021	-0.057	0.072	2 / 2
A2 (3D)	0.009/0.016	0.001	0.008	0.008	0.231	7 / 7
A3 (3D)	0.008/0.015	-0.009	-0.009	0.010	0.333	4 / 4
A5 (3D)	0.009/0.021	-0.008	-0.008	0.011	0.313	6 / 6
B2 (3D)	0.014/0.027	-0.006	0.007	0.008	0.250	2 / 2
B3 (3D)	0.012/0.024	0.007	0.000	-0.000	0.223	6 / 6
B4 (3D)	0.010/0.021	-0.007	0.006	-0.003	0.328	7 / 7
B5 (3D)	0.007/0.014	0.005	-0.004	-0.004	0.281	6 / 6
C2 (3D)	0.011/0.023	-0.005	-0.005	0.018	0.378	5 / 5
C3 (3D)	0.007/0.014	-0.020	0.012	-0.009	0.377	4 / 4
C4 (3D)	0.008/0.016	0.006	-0.005	0.006	0.487	7 / 7
C5 (3D)	0.008/0.015	-0.009	-0.010	0.014	0.051	2 / 2
D1 (3D)	0.008/0.015	-0.018	-0.032	-0.005	0.365	2 / 2
D2 (3D)	0.007/0.014	0.044	0.021	-0.039	0.669	6 / 6
D3 (3D)	0.007/0.014	-0.016	0.008	-0.012	0.537	6 / 6
D4 (3D)	0.012/0.026	0.015	-0.005	-0.002	0.381	6 / 6
E1 (3D)	0.007/0.014	-0.066	-0.107	-0.165	0.195	2 / 2
E4 (3D)	0.007/0.014	0.002	0.005	0.012	0.021	2 / 2
Mean		-0.004719	-0.007631	-0.011581		
Sigma		0.020484	0.026834	0.041341		
RMS Error		0.021021	0.027898	0.042933		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of images where the GCP has been automatically verified v.s. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

0 out of 184 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.54	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.54	0.00	0.00
-9.00	-6.00	13.04	0.00	0.00
-6.00	-3.00	24.46	0.00	0.00
-3.00	0.00	35.87	55.43	0.00
0.00	3.00	24.46	44.57	0.00
3.00	6.00	1.09	0.00	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	28.26
9.00	12.00	0.00	0.00	70.65
12.00	15.00	0.00	0.00	1.09
15.00	-	0.00	0.00	0.00

Mean	-2.251184	-0.107325	9.536376
Sigma	3.153609	0.821257	0.984198
RMS Error	3.874671	0.828240	9.587029

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance



Accuracy [%]	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
10.00	20.65	53.80	0.00
20.00	44.57	81.52	0.00
30.00	53.80	90.22	0.00
40.00	56.52	96.20	0.00
50.00	59.78	98.91	0.00
60.00	60.33	100.00	0.00
70.00	61.41	100.00	0.54
80.00	61.96	100.00	5.43
90.00	66.30	100.00	28.26
100.00	75.00	100.00	71.20
110.00	79.35	100.00	92.39
120.00	85.87	100.00	98.91
130.00	90.22	100.00	99.46
140.00	92.93	100.00	100.00
150.00	94.57	100.00	100.00
Mean Accuracy	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma Accuracy	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a geolocation error in X, Y, Z smaller than the given percentage of their corresponding accuracy.

Georeference Verification



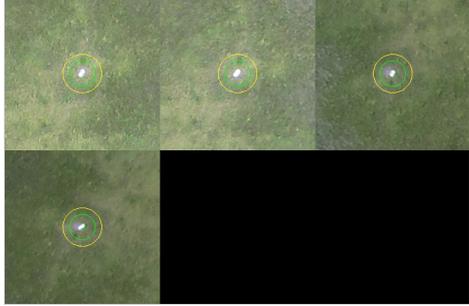
GCP Name: A1 (434461.552,6670703.866,29.913)

IMG_3384.JPG
IMG_3385.JPG
IMG_3429.JPG

GCP Name: A2 (434623.453,6670724.066,30.171)

IMG_3380.JPG
IMG_3381.JPG
IMG_3382.JPG
IMG_3383.JPG
IMG_3386.JPG
IMG_3387.JPG
IMG_3426.JPG
IMG_3427.JPG
IMG_3428.JPG

GCP Name: A3 (434889.896,6670950.603,28.288)



IMG_3344.JPG
 IMG_3345.JPG
 IMG_3357.JPG
 IMG_3358.JPG

GCP Name: A5 (435257.089,6670956.389,35.792)



IMG_3336.JPG
 IMG_3337.JPG
 IMG_3338.JPG
 IMG_3339.JPG
 IMG_3362.JPG
 IMG_3363.JPG

GCP Name: B2 (434467.371,6670640.383,35.239)



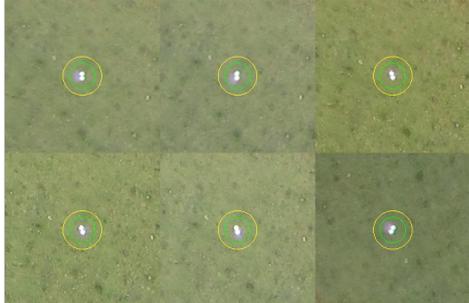
IMG_3428.JPG
 IMG_3429.JPG

GCP B2 was not marked in the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



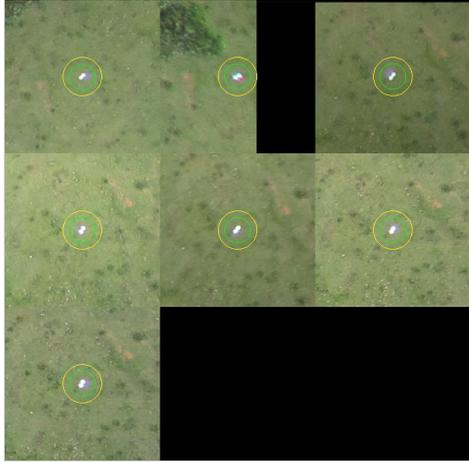
IMG_3430.JPG

GCP Name: B3 (434846.247,6670686.316,43.725)



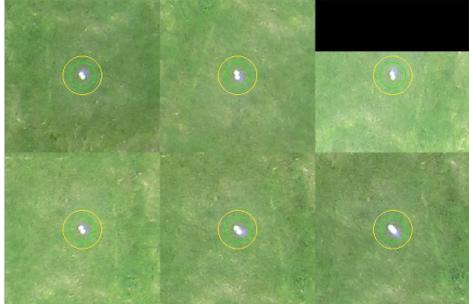
IMG_3377.JPG
 IMG_3378.JPG
 IMG_3389.JPG
 IMG_3390.JPG
 IMG_3409.JPG
 IMG_3421.JPG
 IMG_3422.JPG
 IMG_3423.JPG
 IMG_3435.JPG

GCP Name: B4 (435090.272,6670733.925,40.080)



IMG_3360.JPG
IMG_3361.JPG
IMG_3371.JPG
IMG_3372.JPG
IMG_3373.JPG
IMG_3392.JPG
IMG_3393.JPG
IMG_3394.JPG
IMG_3416.JPG
IMG_3417.JPG

GCP Name: B5 (435327.991,6670811.566,44.973)



IMG_3363.JPG
IMG_3364.JPG
IMG_3366.JPG
IMG_3367.JPG
IMG_3368.JPG
IMG_3369.JPG

GCP Name: C2 (434580.766,6670381.166,40.962)



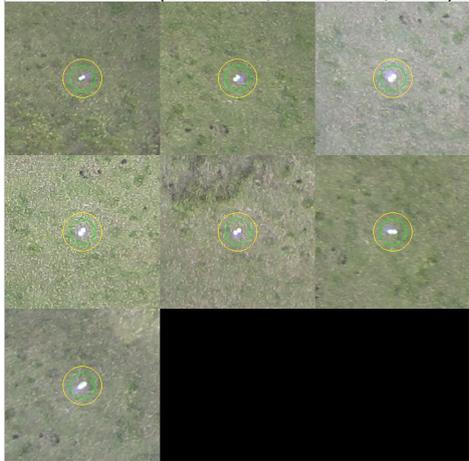
IMG_3464.JPG
IMG_3465.JPG
IMG_3493.JPG
IMG_3494.JPG
IMG_3496.JPG

GCP Name: C3 (434915.758,6670477.167,49.261)



IMG_3454.JPG
IMG_3455.JPG
IMG_3469.JPG
IMG_3470.JPG

GCP Name: C4 (435204.292,6670525.310,43.137)



IMG_3403.JPG
IMG_3440.JPG
IMG_3441.JPG
IMG_3448.JPG
IMG_3449.JPG
IMG_3450.JPG
IMG_3473.JPG
IMG_3474.JPG

GCP Name: C5 (435471.687,6670487.202,22.702)



IMG_3445.JPG
IMG_3477.JPG

GCP Name: D1 (434478.530,6670222.738,43.144)



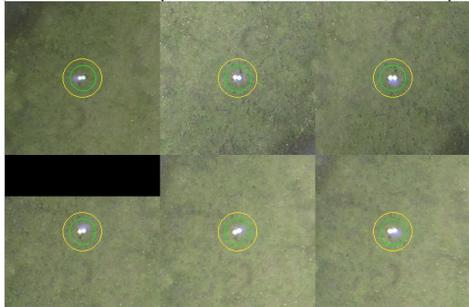
IMG_3528.JPG
IMG_3529.JPG

GCP Name: D2 (434611.887,6670220.649,42.913)



IMG_3496.JPG
IMG_3497.JPG
IMG_3526.JPG
IMG_3527.JPG
IMG_3530.JPG
IMG_3531.JPG

GCP Name: D3 (434935.556,6670260.295,39.042)



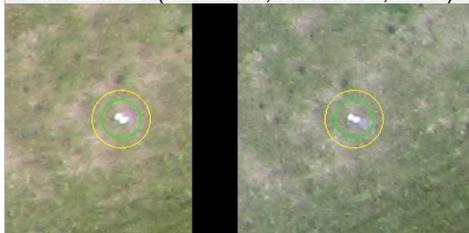
IMG_3487.JPG
IMG_3502.JPG
IMG_3503.JPG
IMG_3519.JPG
IMG_3520.JPG
IMG_3521.JPG

GCP Name: D4 (435183.666,6670341.993,45.305)



IMG_3472.JPG
IMG_3480.JPG
IMG_3481.JPG
IMG_3482.JPG
IMG_3506.JPG
IMG_3507.JPG

GCP Name: E1 (434639.481,6670043.168,40.477)



IMG_3531.JPG
IMG_3532.JPG

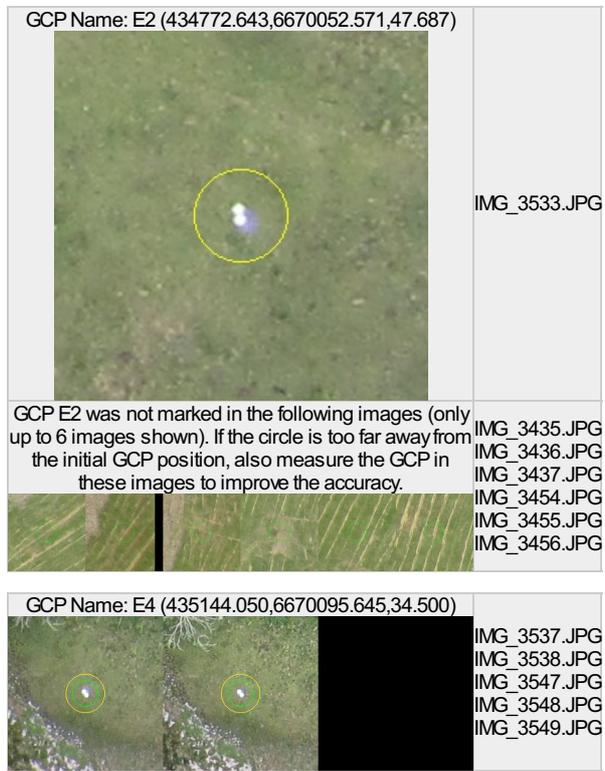


Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Point Cloud Densification details

Summary

Processing Type	aerial nadir
Image Scale	multiscale, 1/2 (half image size, default)
Point Density	optimal
Minimum Number of Matches	2
Use Densification Area	yes
Use Annotations	yes
Use Noise Filtering	yes, radius = 10 GSD
Use Surface Smoothing	yes, sharp, radius = 10 GSD
Time for Densification and Filtering (without report)	02h:29m:45s

Results

Number of 3D Densified Points	28984449
Number of 3D Filtered Points	24137184
Average Density (per m ³)	28.31

ANEXO B - Relatório do processamento gerado pelo Pix4D Mapper para o voo com GSD de 10 cm.

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the feature

💡 For additional tips to analyze the Quality Report, click [here](#).

Summary **i**

Project	2014 - tcc - 10 cm
Processed	2015-Jan-25 14:01:50
Camera Model Name	CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	10.06 cm / 3.96 in
Area Covered	1.5074 km ² / 150.737 ha / 0.5823 sq. mi. / 372.673 acres
Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 22S
Processing Type	full aerial nadir
Feature Extraction Image Scale	1
Camera Model Parameter Optimization	optimize externals and all internals
Time for Initial Processing (without report)	03m:21s

Quality Check **i**

? Images	median of 33700 keypoints per image	✓
? Dataset	82 out of 82 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.46% relative difference between initial and final focal length	✓
? Matching	median of 9248.18 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	22 GCPs (22 3D), mean error = 0.194 m	✓

? Preview



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

Calibration Details **i**

Number of Calibrated Images	82 out of 82
Number of Geolocated Images	80 out of 82

? Initial Image Positions

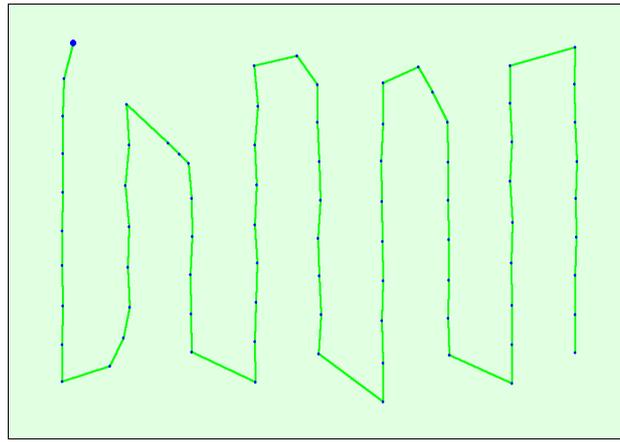


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

? Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

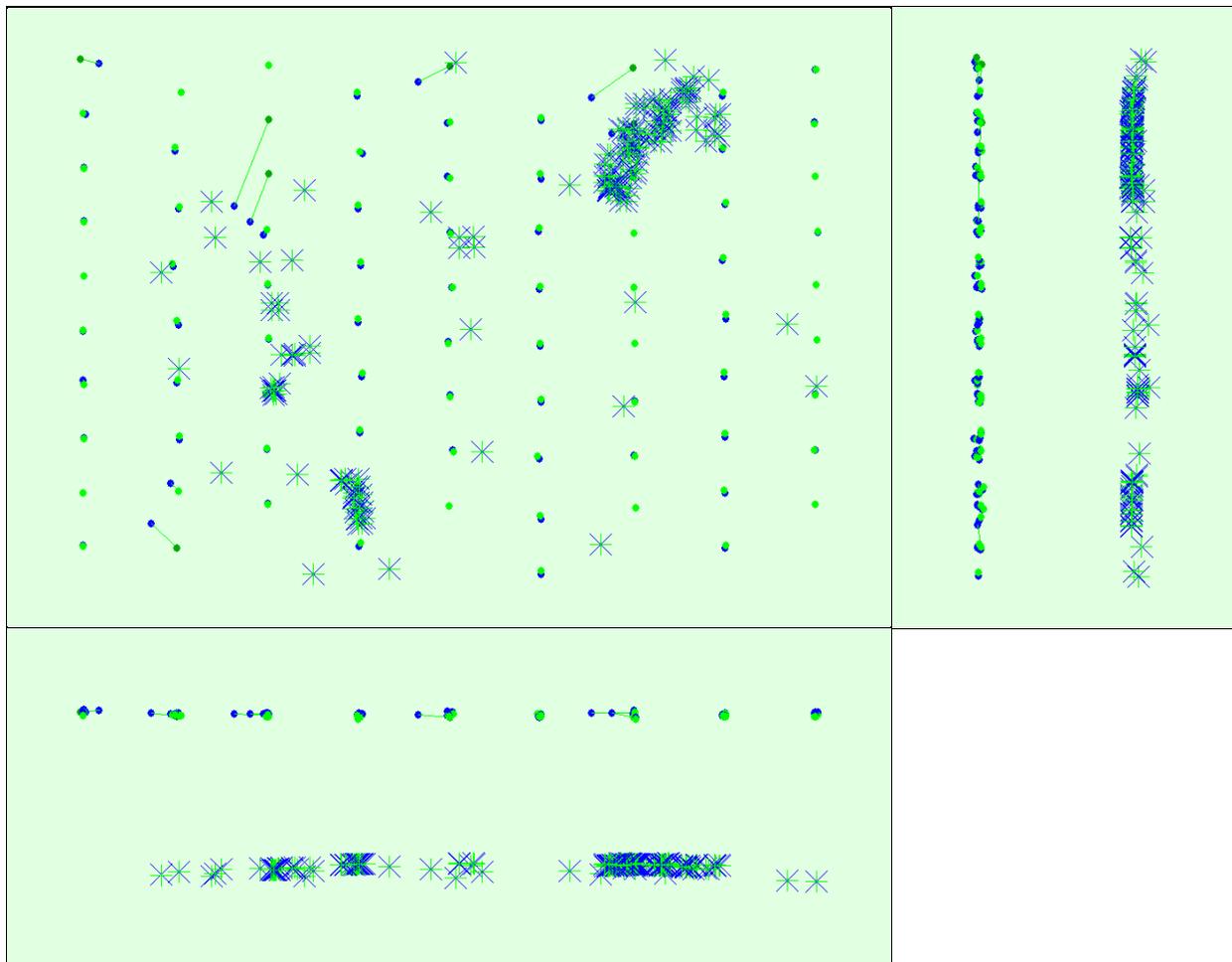


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

? Overlap

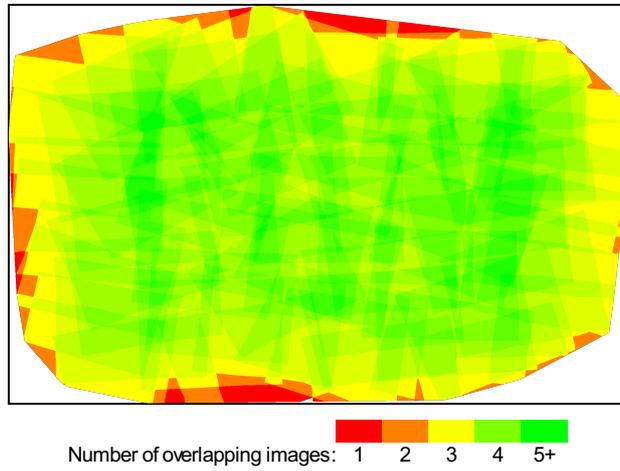


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	832078
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	348148
Mean Reprojection Error [pixels]	0.291702

Internal Camera Parameters

CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.2 [mm] x 4.65 [mm]

EXIF ID: CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2839.640 [pixel] 4.400 [mm]	2019.760 [pixel] 3.129 [mm]	1547.000 [pixel] 2.397 [mm]	-0.043	0.026	-0.006	0.001	0.002
Optimized Values	2826.340 [pixel] 4.379 [mm]	1993.460 [pixel] 3.089 [mm]	1455.443 [pixel] 2.255 [mm]	-0.041	0.018	0.001	-0.003	-0.001

2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	33700	9248
Mn	9236	1736
Max	59281	21776
Mean	33167	10147

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	261751
In 3 Images	56593
In 4 Images	17445
In 5 Images	7380
In 6 Images	3334
In 7 Images	1197
In 8 Images	332
In 9 Images	91
In 10 Images	18
In 11 Images	5
In 12 Images	2

? 3D Points from 2D Keypoint Matches

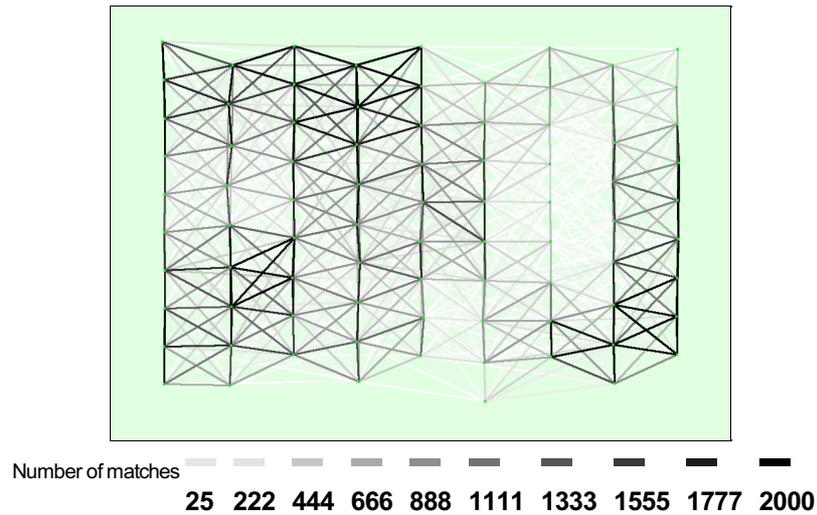


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Manual Tie Points

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp23	0.474	5 / 5
mtp24	0.500	7 / 7
mtp25	0.316	5 / 5
mtp26	0.390	4 / 4
mtp27	0.488	7 / 7
mtp28	0.581	5 / 5
mtp29	0.699	5 / 5
mtp30	0.598	6 / 6
mtp31	0.554	4 / 4
mtp32	0.161	3 / 3
mtp33	0.638	4 / 4
mtp34	0.500	4 / 4
mtp38	0.826	4 / 4
mtp39	0.805	4 / 4
mtp40	0.492	3 / 3
mtp41	0.636	3 / 3
mtp42	0.330	3 / 3
mtp43	0.812	4 / 4
mtp44	0.657	4 / 4
mtp45	0.508	4 / 4
mtp46	0.445	4 / 4
mtp47	0.685	4 / 4
mtp48	0.711	4 / 4
mtp49	0.621	4 / 4
mtp50	0.578	5 / 5
mtp51	0.661	4 / 4
mtp52	0.679	4 / 4
mtp53	0.251	3 / 3
mtp54	0.721	5 / 5
mtp55	0.540	3 / 3
mtp56	0.457	4 / 4
mtp57	0.277	5 / 5
mtp58	0.882	5 / 5
mtp59	0.771	5 / 5
mtp60	0.556	4 / 4
mtp61	0.779	4 / 4
mtp62	0.734	4 / 4

mtp63	0.483	5 / 5
mtp64	0.354	6 / 6
mtp65	0.367	5 / 5
mtp66	0.374	4 / 4
mtp67	0.388	5 / 5
mtp68	0.830	6 / 6
mtp69	0.325	4 / 4
mtp70	0.534	4 / 4
mtp71	0.685	6 / 6
mtp72	0.662	5 / 5
mtp73	0.526	5 / 5
mtp75	0.818	6 / 6
mtp76	0.282	4 / 4
mtp77	0.336	6 / 6
mtp78	0.171	4 / 4
mtp79	0.531	5 / 5
mtp80	0.445	5 / 5
mtp81	0.254	4 / 4
mtp82	0.129	3 / 3
mtp83	0.381	4 / 4
mtp84	0.572	5 / 5
mtp85	0.757	7 / 7
mtp86	0.474	5 / 5
mtp87	1.070	8 / 8
mtp88	0.679	6 / 6
mtp89	0.486	7 / 7
mtp90	0.413	7 / 7
mtp91	0.608	8 / 8
mtp92	0.453	8 / 8
mtp93	0.611	8 / 8
mtp94	0.569	5 / 5
mtp95	0.311	9 / 9
mtp96	0.642	7 / 7
mtp97	0.367	7 / 7
mtp98	0.352	6 / 6
mtp99	0.590	7 / 7
mtp100	0.660	8 / 8
mtp101	0.689	8 / 8
mtp102	0.362	5 / 5
mtp103	0.264	4 / 4
mtp104	0.611	4 / 4
mtp105	0.425	4 / 4
mtp106	0.213	4 / 4
mtp107	0.715	4 / 4
mtp108	0.288	4 / 4
mtp109	0.608	4 / 4
mtp110	0.344	4 / 4
mtp111	0.319	3 / 3
mtp112	0.224	3 / 3
mtp113	0.490	7 / 7
mtp114	0.711	8 / 8
mtp115	0.630	6 / 6
mtp116	0.384	6 / 6
mtp117	0.506	5 / 5
mtp118	0.646	7 / 7
mtp119	0.315	5 / 5
mtp120	0.922	6 / 6
mtp122	0.475	6 / 6
mtp123	0.355	7 / 7
mtp124	0.507	5 / 5
mtp125	0.749	9 / 9

mtp126	0.548	5 / 5
mtp127	0.220	4 / 4
mtp128	0.519	9 / 9
mtp129	0.561	5 / 5
mtp130	0.381	6 / 6
mtp131	0.327	6 / 6
mtp132	0.309	4 / 4
mtp133	0.495	5 / 5
mtp134	0.542	4 / 4
mtp135	0.286	4 / 4
mtp136	0.311	5 / 5
mtp137	0.563	7 / 7
mtp138	0.436	6 / 6
mtp139	0.516	5 / 5
mtp140	0.438	5 / 5
mtp141	0.441	4 / 4
mtp142	0.634	8 / 8
mtp143	0.565	5 / 5
mtp144	0.558	6 / 6
mtp145	0.587	4 / 4
mtp146	0.213	3 / 3
mtp147	0.571	6 / 6
mtp148	0.673	5 / 5
mtp149	0.648	5 / 5
mtp150	0.639	5 / 5
mtp151	0.789	5 / 5
mtp152	0.692	5 / 5
mtp153	0.299	5 / 5
mtp154	0.846	5 / 5
mtp157	0.886	5 / 5
mtp167	0.375	6 / 6
mtp169	0.431	6 / 6
mtp170	0.368	6 / 6
mtp171	0.457	6 / 6
mtp175	0.564	5 / 5
mtp179	0.633	4 / 4
mtp183	0.467	3 / 3
mtp184	0.127	3 / 3
mtp227	0.636	6 / 6
mtp228	0.619	5 / 5
mtp229	0.546	2 / 2
mtp231	0.636	5 / 5
mtp232	0.643	5 / 5
mtp233	0.280	6 / 6
mtp234	0.569	5 / 5
mtp235	0.199	5 / 5
mtp236	0.271	5 / 5
mtp237	0.352	5 / 5
mtp238	0.852	2 / 2
mtp240	0.228	2 / 2
mtp241	0.687	8 / 8
mtp242	0.218	2 / 2
mtp247	0.579	6 / 6
mtp248	0.607	4 / 4
mtp249	0.447	3 / 3
mtp250	0.367	4 / 4
mtp251	0.736	4 / 4
mtp252	0.395	9 / 9
mtp253	0.655	9 / 9
mtp254	0.558	9 / 9
mtp255	0.573	9 / 9

mtp256	0.561	9 / 9
mtp257	0.556	9 / 9
mtp258	0.831	7 / 7
mtp259	0.713	6 / 6
mtp260	0.335	2 / 2
mtp263	0.458	3 / 3

Projection errors for manual tie points. The last column counts the number of images where the manual tie point has been automatically verified vs. manually marked.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
A1 (3D)	0.025/0.052	0.014	0.003	-0.144	0.599	7 / 7
A2 (3D)	0.009/0.016	-0.003	-0.051	0.043	0.615	7 / 7
A3 (3D)	0.008/0.015	0.061	-0.081	0.082	0.558	3 / 3
A5 (3D)	0.009/0.021	0.023	-0.069	0.139	0.353	4 / 4
B1 (3D)	0.012/0.032	0.042	0.158	1.820	0.818	11 / 11
B2 (3D)	0.014/0.027	0.013	0.004	-0.035	0.404	6 / 6
B3 (3D)	0.012/0.024	0.001	0.011	0.010	0.546	7 / 7
B4 (3D)	0.010/0.021	-0.014	0.014	-0.026	0.352	8 / 8
B5 (3D)	0.007/0.014	0.017	0.001	0.028	0.406	8 / 8
C1 (3D)	0.007/0.015	0.003	-0.058	0.028	0.648	8 / 8
C2 (3D)	0.011/0.023	0.015	0.100	0.074	0.406	7 / 7
C3 (3D)	0.007/0.014	-0.032	0.005	-0.013	0.557	8 / 8
C4 (3D)	0.008/0.016	0.039	-0.043	-0.007	0.497	5 / 5
C5 (3D)	0.008/0.015	-0.025	0.015	0.064	0.486	6 / 6
D1 (3D)	0.008/0.015	-0.008	-0.040	0.008	0.380	6 / 6
D2 (3D)	0.007/0.014	0.004	0.034	0.020	0.432	5 / 5
D3 (3D)	0.007/0.014	-0.050	0.025	-0.020	0.459	8 / 8
D4 (3D)	0.012/0.026	0.043	0.003	-0.024	0.575	8 / 8
D5 (3D)	0.007/0.014	0.058	0.005	-0.135	0.671	5 / 5
E1 (3D)	0.007/0.014	-0.484	-0.370	0.148	0.143	2 / 2
E2 (3D)	0.007/0.015	0.021	-0.068	-0.045	0.247	2 / 2
E4 (3D)	0.007/0.014	-0.015	0.004	-0.014	0.595	6 / 6
Mean		-0.012597	-0.018022	0.091087		
Sigma		0.106442	0.093505	0.383538		
RMS Error		0.107185	0.095226	0.394206		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

7 out of 73 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	1.37	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	1.37	0.00
-9.00	-6.00	0.00	15.07	0.00
-6.00	-3.00	5.48	30.14	0.00
-3.00	0.00	56.16	16.44	12.33
0.00	3.00	31.51	31.51	42.47
3.00	6.00	5.48	2.74	42.47
6.00	9.00	0.00	1.37	2.74
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	1.37	0.00

15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean		-0.474017	-1.952427	2.488350
Sigma		2.246336	4.086701	2.067551
RMS Error		2.295805	4.529138	3.235220

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance

Accuracy [%]	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
10.00	39.73	13.70	19.18
20.00	71.23	31.51	39.73
30.00	80.82	41.10	54.79
40.00	84.93	43.84	79.45
50.00	87.67	45.21	91.78
60.00	87.67	47.95	97.26
70.00	90.41	52.05	98.63
80.00	95.89	53.42	98.63
90.00	95.89	60.27	100.00
100.00	98.63	64.38	100.00
110.00	98.63	76.71	100.00
120.00	98.63	80.82	100.00
130.00	98.63	90.41	100.00
140.00	98.63	90.41	100.00
150.00	98.63	90.41	100.00
Mean Accuracy	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma Accuracy	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a geolocation error in X, Y, Z smaller than the given percentage of their corresponding accuracy.

Georeference Verification



GCP Name: A2 (434623.453,6670724.066,30.171)



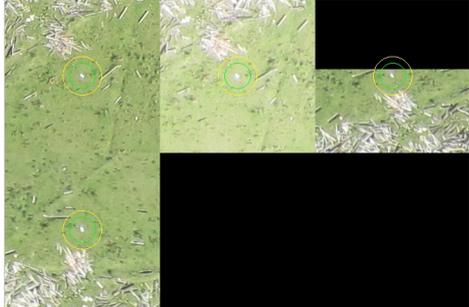
IMG_3906.JPG
IMG_3907.JPG
IMG_3908.JPG
IMG_3919.JPG
IMG_3920.JPG
IMG_3921.JPG
IMG_3922.JPG

GCP Name: A3 (434889.896,6670950.603,28.288)



IMG_3923.JPG
IMG_3924.JPG
IMG_3940.JPG

GCP Name: A5 (435257.089,6670956.389,35.792)



IMG_3941.JPG
IMG_3942.JPG
IMG_3957.JPG
IMG_3958.JPG

GCP Name: B1 (434372.636,6670578.209,33.952)



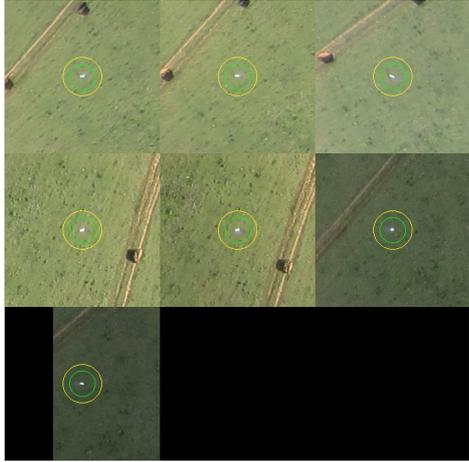
IMG_3889.JPG
IMG_3890.JPG
IMG_3891.JPG
IMG_3900.JPG
IMG_3901.JPG
IMG_3902.JPG
IMG_3907.JPG
IMG_3908.JPG
IMG_3909.JPG
IMG_3910.JPG
IMG_3911.JPG

GCP Name: B2 (434467.371,6670640.383,35.239)



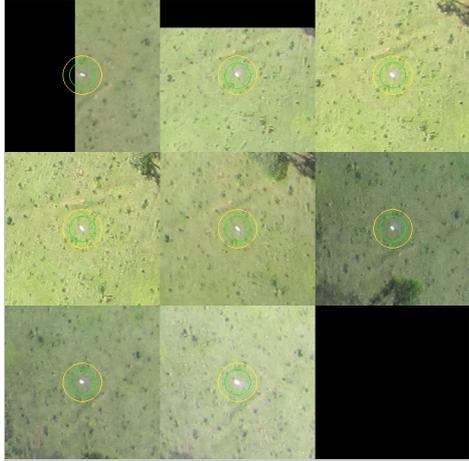
IMG_3900.JPG
IMG_3901.JPG
IMG_3902.JPG
IMG_3907.JPG
IMG_3908.JPG
IMG_3909.JPG

GCP Name: B3 (434846.247,6670686.316,43.725)



IMG_3918.JPG
IMG_3919.JPG
IMG_3920.JPG
IMG_3925.JPG
IMG_3926.JPG
IMG_3938.JPG
IMG_3939.JPG

GCP Name: B4 (435090.272,6670733.925,40.080)



IMG_3925.JPG
IMG_3937.JPG
IMG_3938.JPG
IMG_3939.JPG
IMG_3940.JPG
IMG_3942.JPG
IMG_3943.JPG
IMG_3944.JPG

GCP Name: B5 (435327.991,6670811.566,44.973)



IMG_3941.JPG
IMG_3942.JPG
IMG_3943.JPG
IMG_3956.JPG
IMG_3957.JPG
IMG_3958.JPG
IMG_3960.JPG
IMG_3961.JPG

GCP Name: C1 (434403.236,6670408.259,38.747)



IMG_3891.JPG
IMG_3892.JPG
IMG_3898.JPG
IMG_3899.JPG
IMG_3900.JPG
IMG_3910.JPG
IMG_3911.JPG
IMG_3912.JPG

GCP Name: C2 (434580.766,6670381.166,40.962)



IMG_3899.JPG
 IMG_3910.JPG
 IMG_3911.JPG
 IMG_3912.JPG
 IMG_3916.JPG
 IMG_3917.JPG
 IMG_3918.JPG

GCP Name: C3 (434915.758,6670477.167,49.261)



IMG_3917.JPG
 IMG_3926.JPG
 IMG_3927.JPG
 IMG_3928.JPG
 IMG_3929.JPG
 IMG_3935.JPG
 IMG_3936.JPG
 IMG_3937.JPG

GCP Name: C4 (435204.292,6670525.310,43.137)



IMG_3944.JPG
 IMG_3945.JPG
 IMG_3946.JPG
 IMG_3953.JPG
 IMG_3954.JPG

GCP C4 was not marked in the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.



IMG_3935.JPG
 IMG_3936.JPG
 IMG_3937.JPG

GCP Name: C5 (435471.687,6670487.202,22.702)



IMG_3952.JPG
 IMG_3953.JPG
 IMG_3954.JPG
 IMG_3963.JPG
 IMG_3964.JPG
 IMG_3965.JPG

GCP Name: D1 (434478.530,6670222.738,43.144)



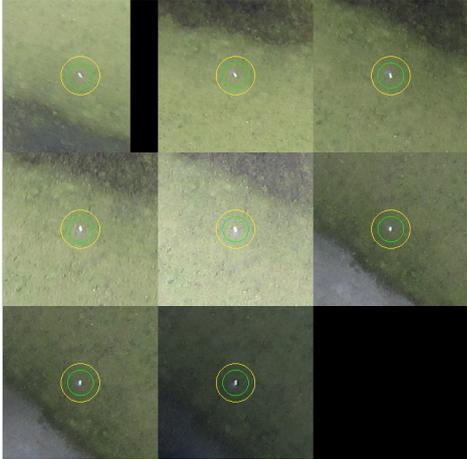
IMG_3896.JPG
IMG_3897.JPG
IMG_3898.JPG
IMG_3912.JPG
IMG_3913.JPG
IMG_3914.JPG

GCP Name: D2 (434611.887,6670220.649,42.913)



IMG_3912.JPG
IMG_3913.JPG
IMG_3914.JPG
IMG_3915.JPG
IMG_3916.JPG

GCP Name: D3 (434935.556,6670260.295,39.042)



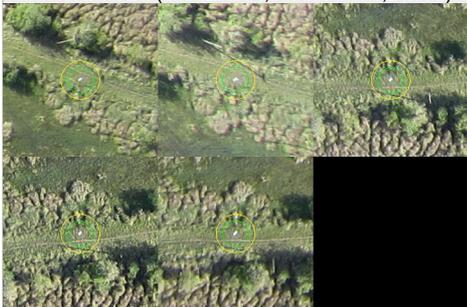
IMG_3917.JPG
IMG_3928.JPG
IMG_3929.JPG
IMG_3930.JPG
IMG_3931.JPG
IMG_3933.JPG
IMG_3934.JPG
IMG_3935.JPG

GCP Name: D4 (435183.666,6670341.993,45.305)



IMG_3933.JPG
IMG_3934.JPG
IMG_3935.JPG
IMG_3936.JPG
IMG_3946.JPG
IMG_3947.JPG
IMG_3948.JPG
IMG_3953.JPG

GCP Name: D5 (435521.864,6670376.550,21.770)



IMG_3952.JPG
IMG_3953.JPG
IMG_3964.JPG
IMG_3965.JPG
IMG_3966.JPG



Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Point Cloud Densification details

Summary

Processing Type	aerial nadir
Image Scale	multiscale, 1/2 (half image size, default)
Point Density	optimal
Minimum Number of Matches	3
Use Densification Area	yes
Use Annotations	yes
Use Noise Filtering	yes, radius = 10 GSD
Use Surface Smoothing	yes, sharp, radius = 10 GSD
Time for Densification and Filtering (without report)	25m:46s

Results

Number of 3D Densified Points	9404503
Number of 3D Filtered Points	8036148
Average Density (per m ³)	3.06

APÊNDICE A - Banco de dados cadastrais.

EDIFICAÇÃO 01

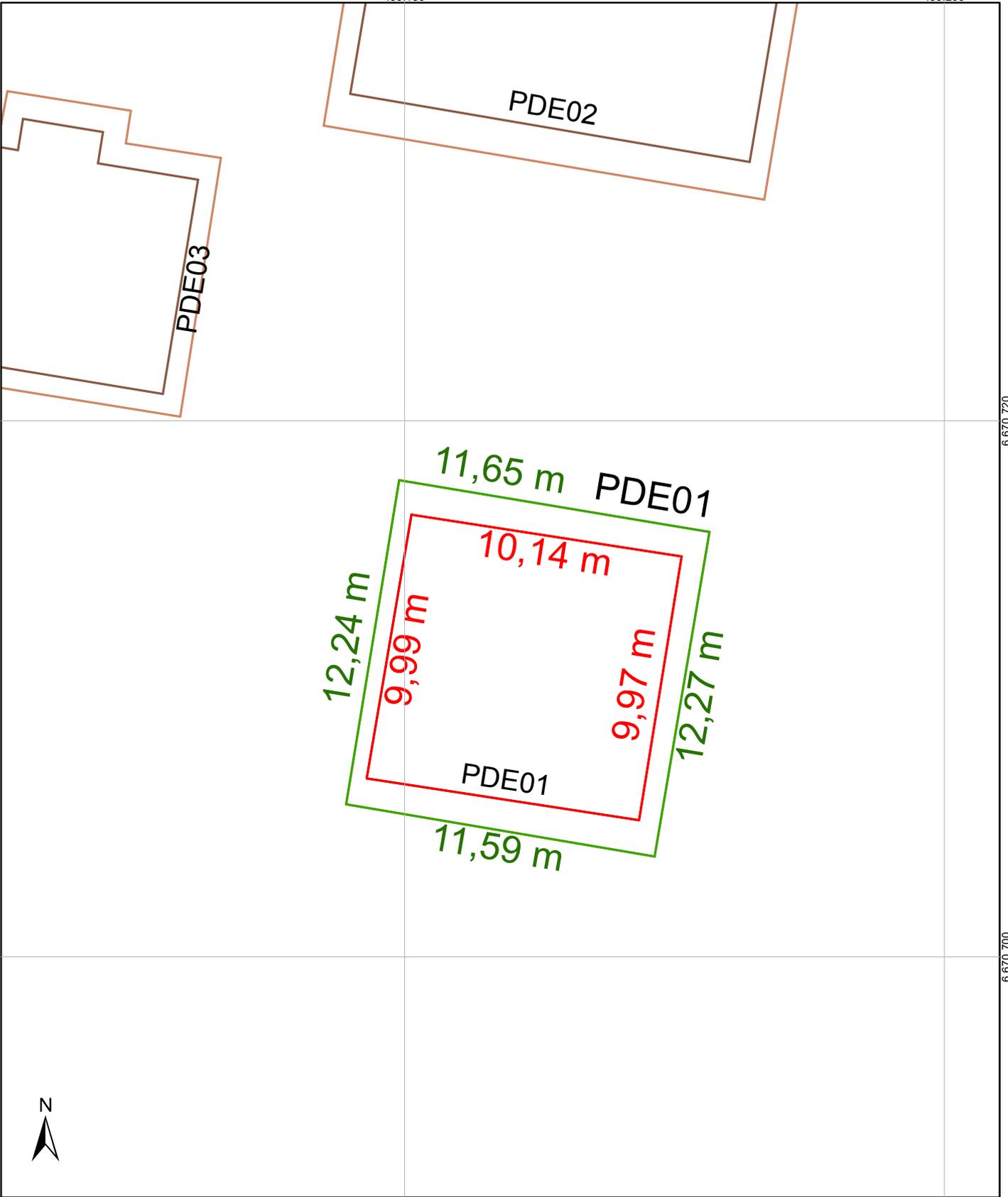
Descrição:

Localizado próximo à entrada da sede da EEA, trata-se de um galpão de alvenaria, com cobertura de telha de fibrocimento. Utilizado para a realização de experimentos, possui dois tanques nos fundos do prédio.

Tipo de Imóvel:	Galpão
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	101,52
Área total (m ²):	142,37
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Concreto
Planta:	PDE 01

Relatório Fotográfico:

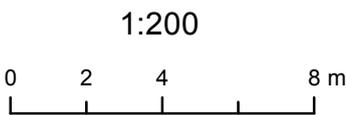




6.670.720

6.670.700

PLANTA INDIVIDUAL - PDE01
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 02

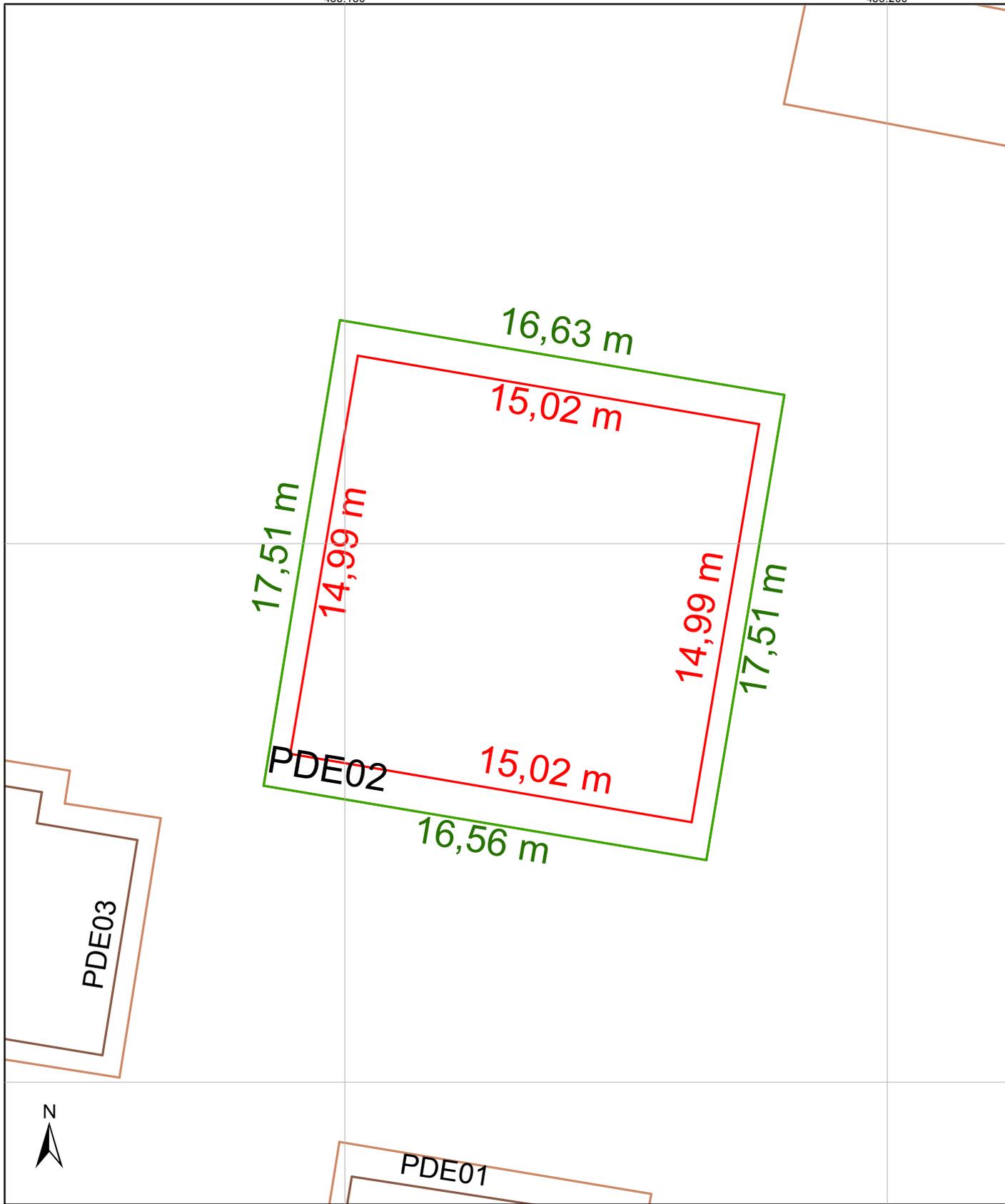
Descrição:

Localizado próximo à entrada da sede da EEA, trata-se de um galpão de alvenaria, com cobertura de telha de fibrocimento. Utilizado para a realização de experimentos, possui um tanque nos fundos do prédio.

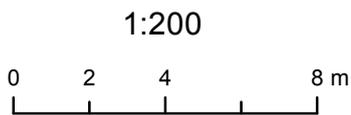
Tipo de Imóvel:	Galpão
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	225,10
Área total (m ²):	290,59
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Concreto
Planta:	PDE02

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE02
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 03

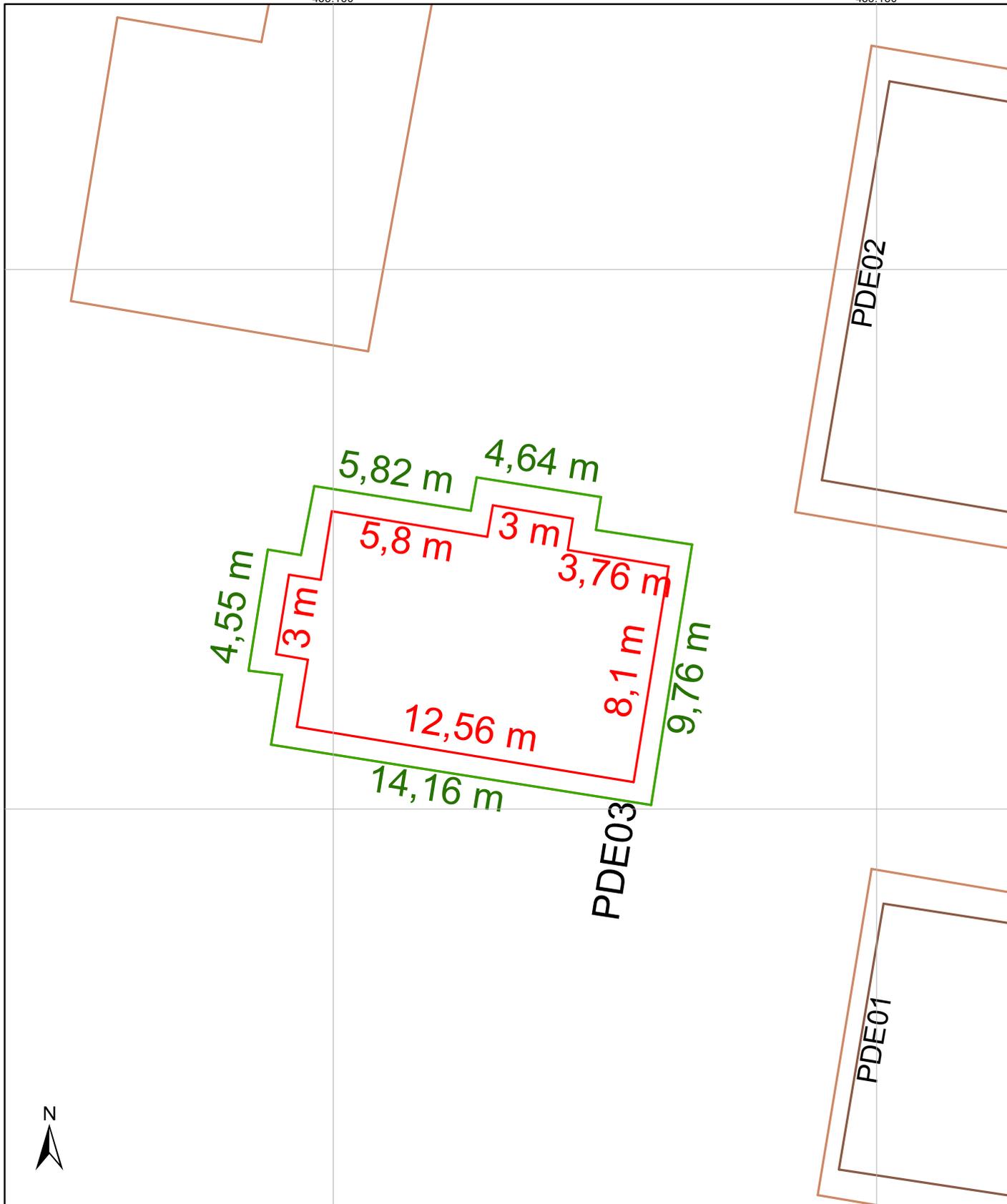
Descrição:

Localizado próximo à entrada da sede da EEA, trata-se de um laboratório de alvenaria. Possui formato irregular com coberturas nas entradas. Toda a cobertura é feita em telha de cerâmica.

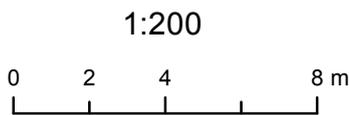
Tipo de Imóvel:	Laboratório
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	108,83
Área total (m ²):	148,96
Revestimento:	Reboco
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE03

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE03
LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:200
UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 04

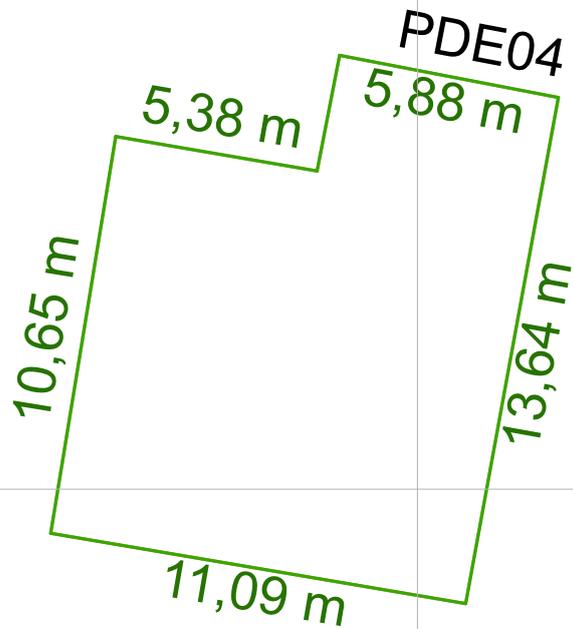
Descrição:

Trata-se de um telheiro com cobertura em telha de fibrocimento, sustentada por toras de eucalipto. Tem piso de concreto e em seu interior existem tanques construídos de concreto e uma esteira.

Tipo de Imóvel:	Telheiro
Material de Construção:	Estrutura em madeira
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	0,00
Área total (m ²):	137,11
Revestimento:	Não possui
Piso:	Concreto
Planta:	PDE04

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE04 LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:200

UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 05

Descrição:

Trata-se de um telheiro com cobertura em telhas metálicas sustentada por toras de eucalipto. Possui parte de suas laterais cobertas, não na totalidade, por telhas metálicas. O piso é de chão batido.

Tipo de Imóvel:	Telheiro
Material de Construção:	Estrutura em madeira
Material da Cobertura:	Telha metálica
Área privativa (m ²):	0,00
Área total (m ²):	520,75
Revestimento:	Não possui
Piso:	Chão batido
Planta:	PDE05

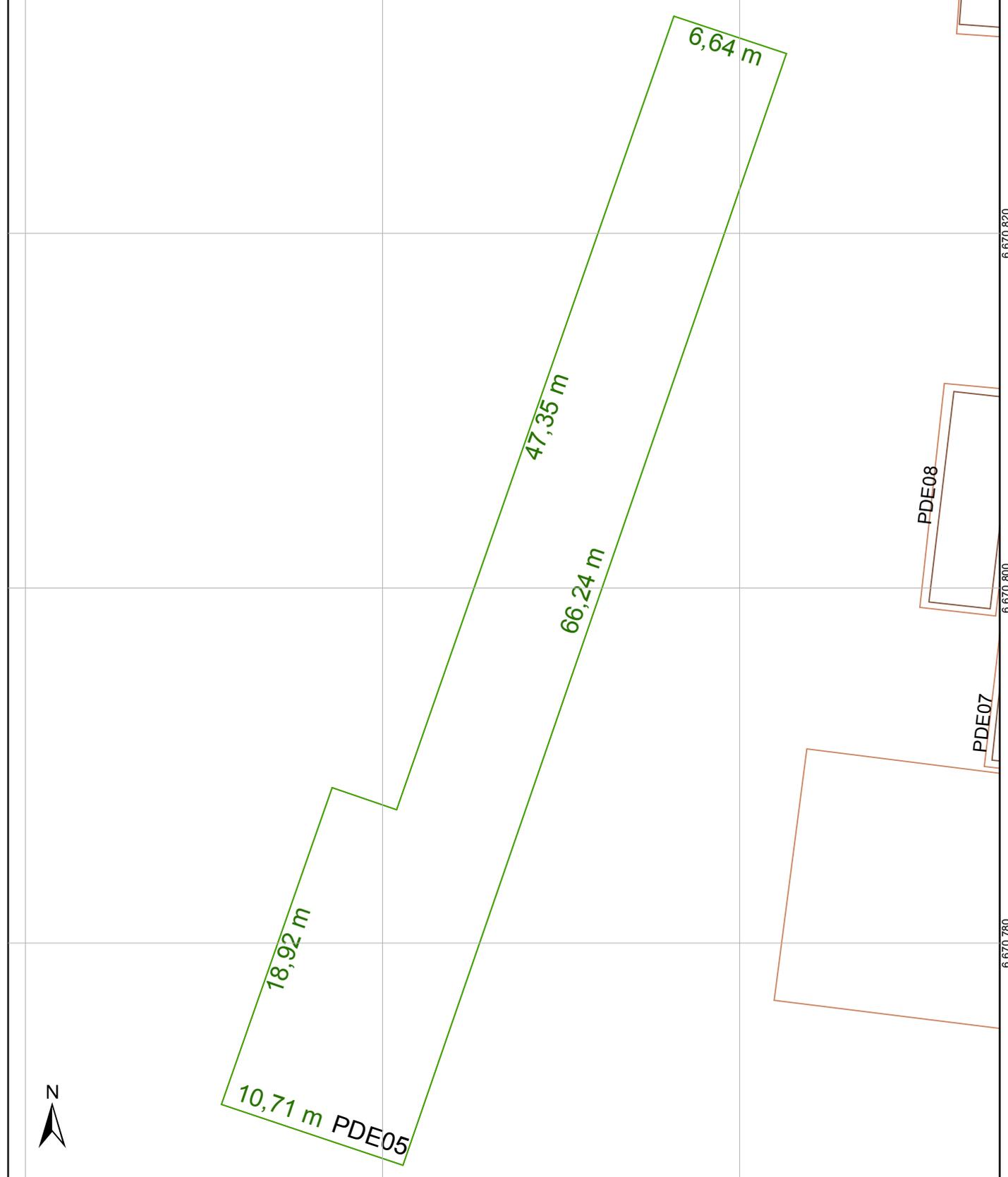
Relatório Fotográfico:



435.140

435.160

435.180



PLANTA INDIVIDUAL - PDE05 LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 06

Descrição:

Trata-se de um telheiro com cobertura de telha de fibrocimento sustentada uma estrutura pré-moldada de concreto. O piso é de chão batido.

Tipo de Imóvel:	Telheiro
Material de Construção:	Estrutura em concreto
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	0,00
Área total (m ²):	369,43
Revestimento:	Não possui
Piso:	Chão batido
Planta:	PDE06

Relatório Fotográfico:



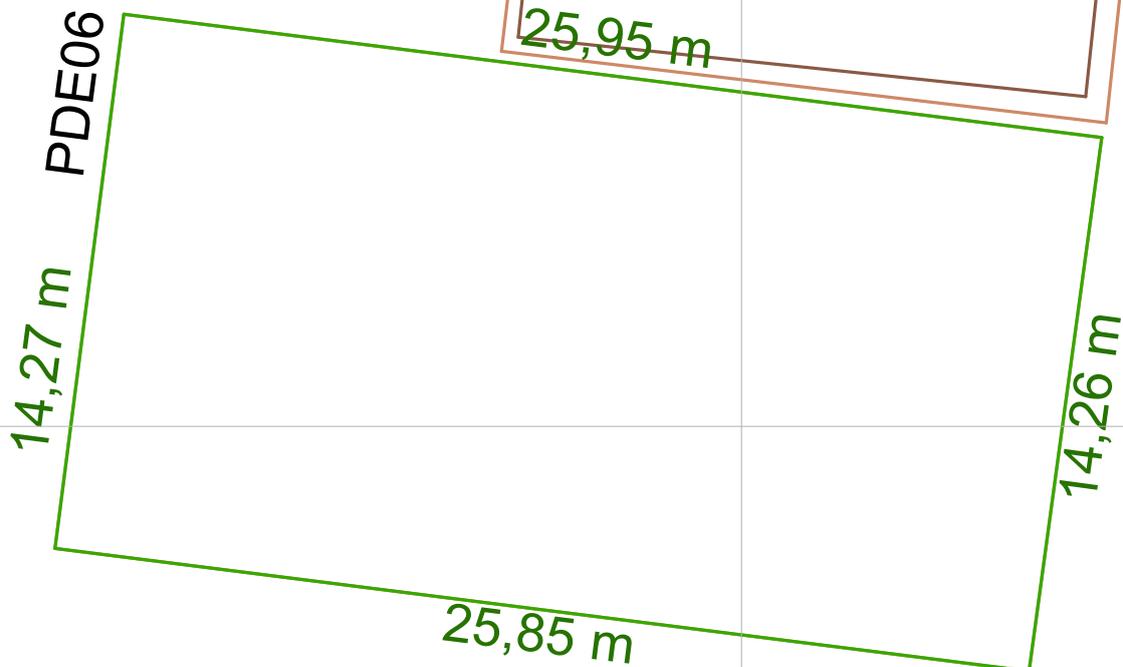
435.180

435.200

6.670.800

6.670.780

6.670.760



PLANTA INDIVIDUAL - PDE06 LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 07

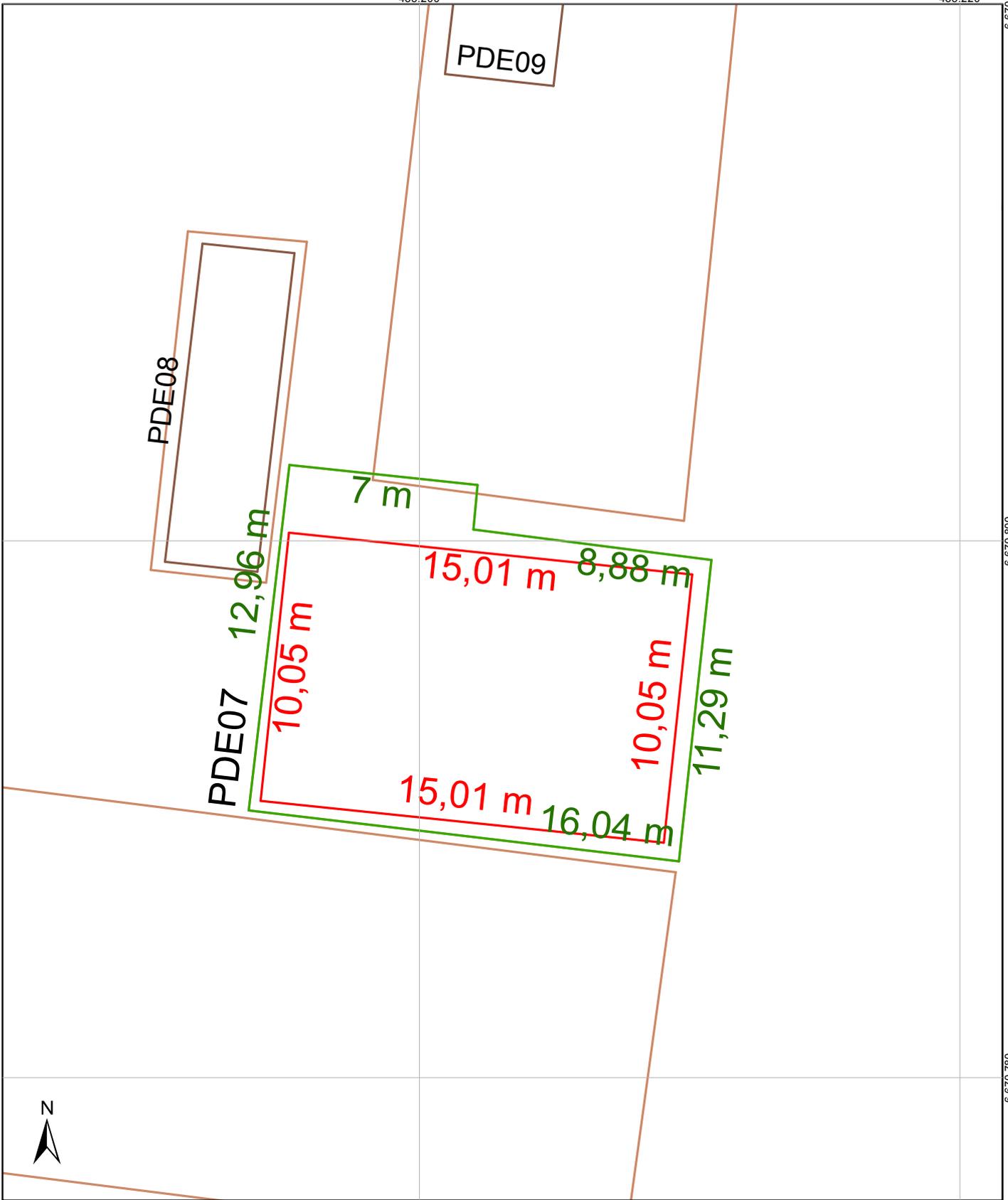
Descrição:

Trata-se de um galpão com cobertura em telha metálica. Suas laterais também são cobertas por telha metálica. É um dos dois prédios que estão localizados junto à edificação 06. Além desta, outras duas edificações, fazem com que somente a face frontal do prédio (face junto à via) não esteja próxima à outra construção. Nesta face é que está o grande portão que permite o acesso ao interior. Ainda existe uma pequena área coberta ao lado.

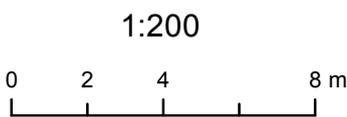
Tipo de Imóvel:	Galpão
Material de Construção:	Telha metálica
Material da Cobertura:	Telha metálica
Área privativa (m ²):	150,85
Área total (m ²):	192,83
Revestimento:	Telha metálica
Piso:	Concreto
Planta:	PDE07

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE07
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 08

Descrição:

Trata-se de uma casa de alvenaria com telhado em telha de fibrocimento de formato meia-água.

Tipo de Imóvel:	Residencial
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	41,05
Área total (m ²):	55,44
Revestimento:	Reboco
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE08

Relatório Fotográfico:

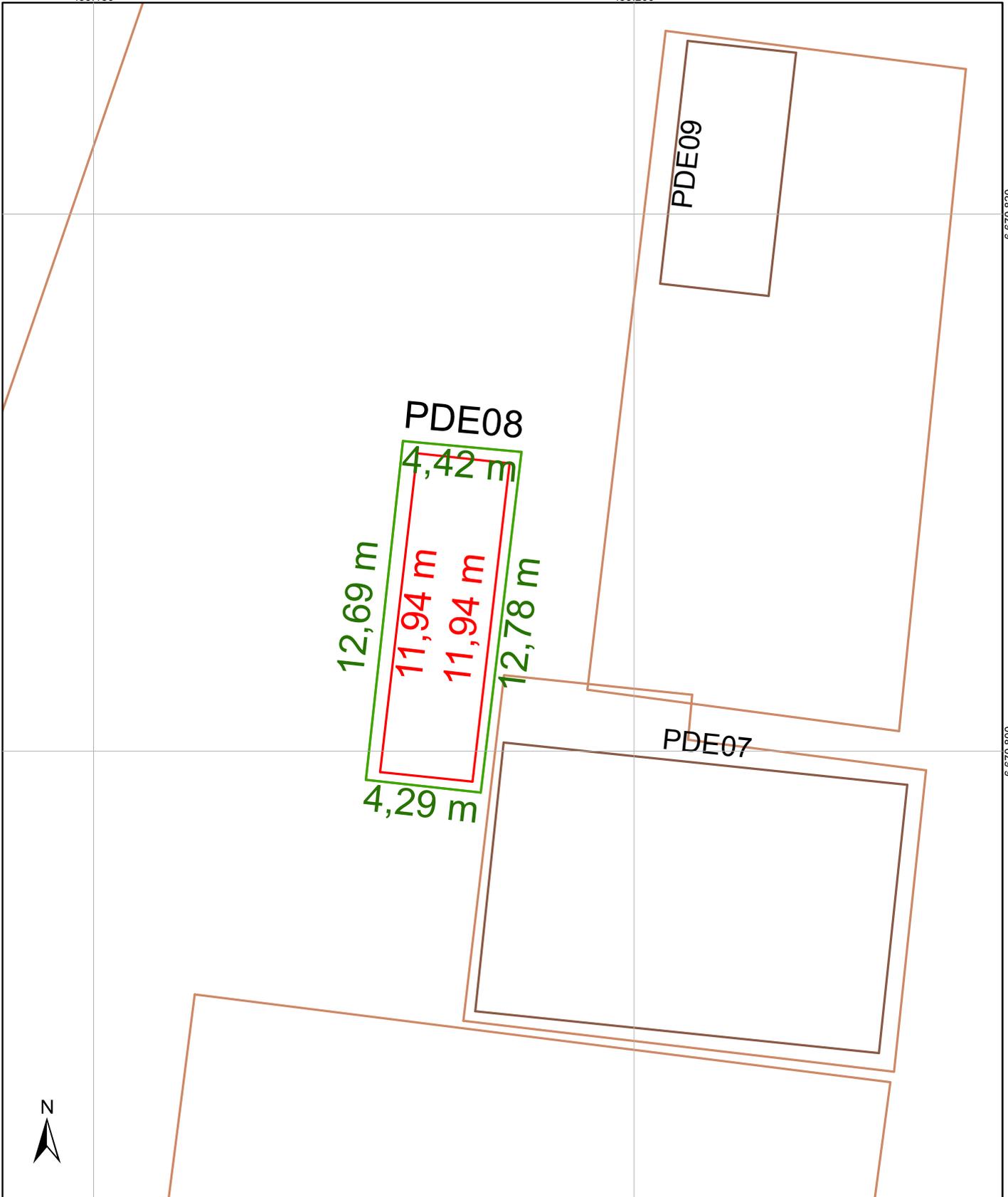


435.180

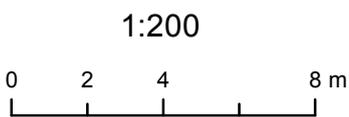
435.200

6.670.820

6.670.800



PLANTA INDIVIDUAL - PDE08
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 09

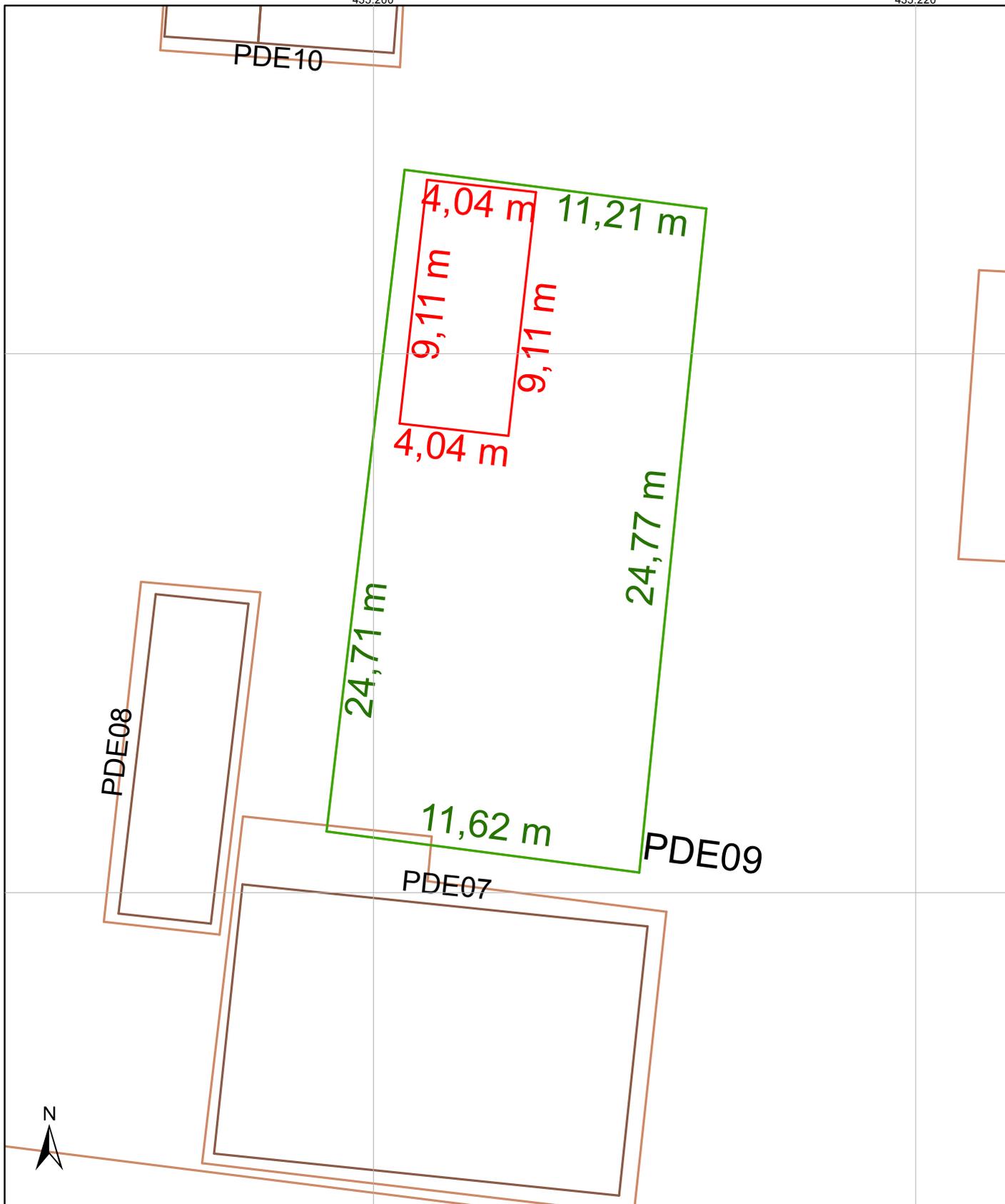
Descrição:

Trata-se de um galpão com cobertura de telha metálica. Suas laterais também são cobertas por telha metálica. Possui duas edificações muito próximas, que fazem com que somente a face frontal do prédio (face junto à via), uma lateral e parte dos fundos não estejam próximas a outras construções. Na face frontal e em parte dos fundos não possui paredes e uma parte de uma lateral e em parte dos fundos possui paredes de alvenaria.

Tipo de Imóvel:	Galpão
Material de Construção:	Estrutura em madeira/telha metálica/alvenaria
Material da Cobertura:	Telha metálica
Área privativa (m ²):	36,80
Área coberta (m):	282,47
Revestimento:	Tijolo a vista/telha metálica
Piso:	Concreto
Planta:	PDE09

Relatório Fotográfico:



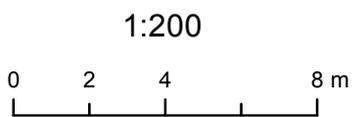


6.670.820

6.670.800



PLANTA INDIVIDUAL - PDE09
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 10

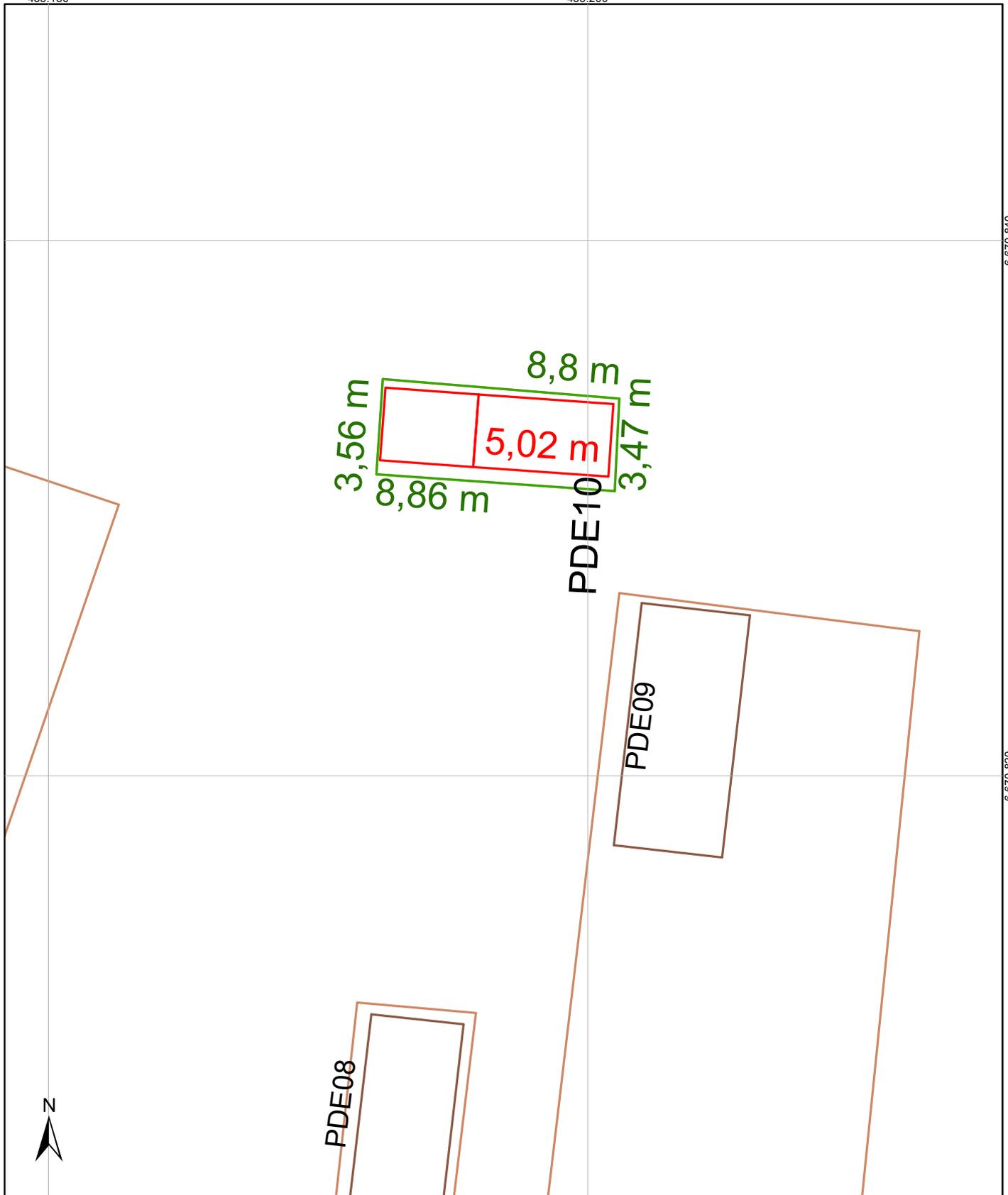
Descrição:

Trata-se de uma edificação com cobertura de telha metálica. Suas paredes são parte em telha metálica e parte em alvenaria. Ao lado possui uma rampa que caracteriza a utilização como oficina.

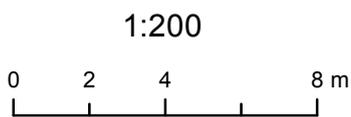
Tipo de Imóvel:	Garagem
Material de Construção:	Alvenaria/Telha metálica
Material da Cobertura:	Telha metálica/fibrocimento
Área privativa (m ²):	23,07
Área total (m ²):	31,02
Revestimento:	Tijolo a vista/telha metálica
Piso:	Concreto
Planta:	PDE10

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE10
LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:200
UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 11

Descrição:

Trata-se de um galpão com cobertura em telha de fibrocimento e com paredes em madeira. O galpão possui uma área totalmente fechada e uma parte somente com a cobertura em dois dos seus lados. Sua estrutura é de toras de eucalipto.

Tipo de Imóvel:	Galpão
Material de Construção:	Madeira
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	114,21
Área total (m ²):	314,96
Revestimento:	Madeira
Piso:	Chão batido
Planta:	PDE11

Relatório Fotográfico:

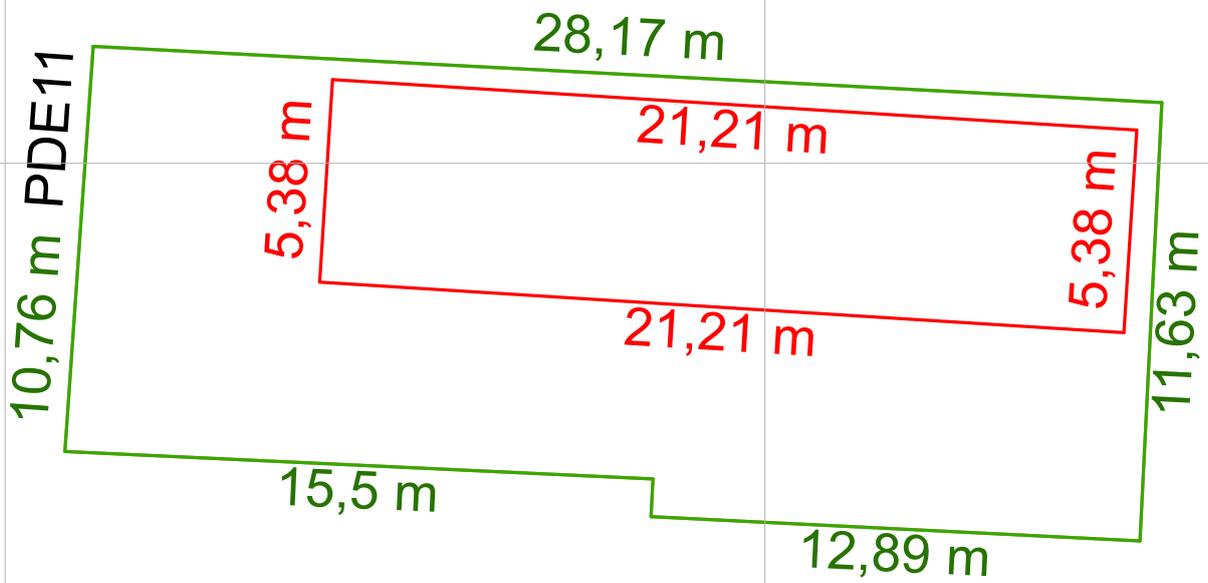
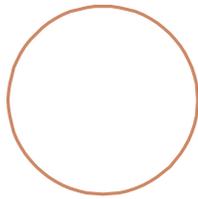


435.220

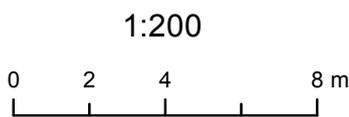
435.240

6.670.820

6.670.800



PLANTA INDIVIDUAL - PDE11
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 12

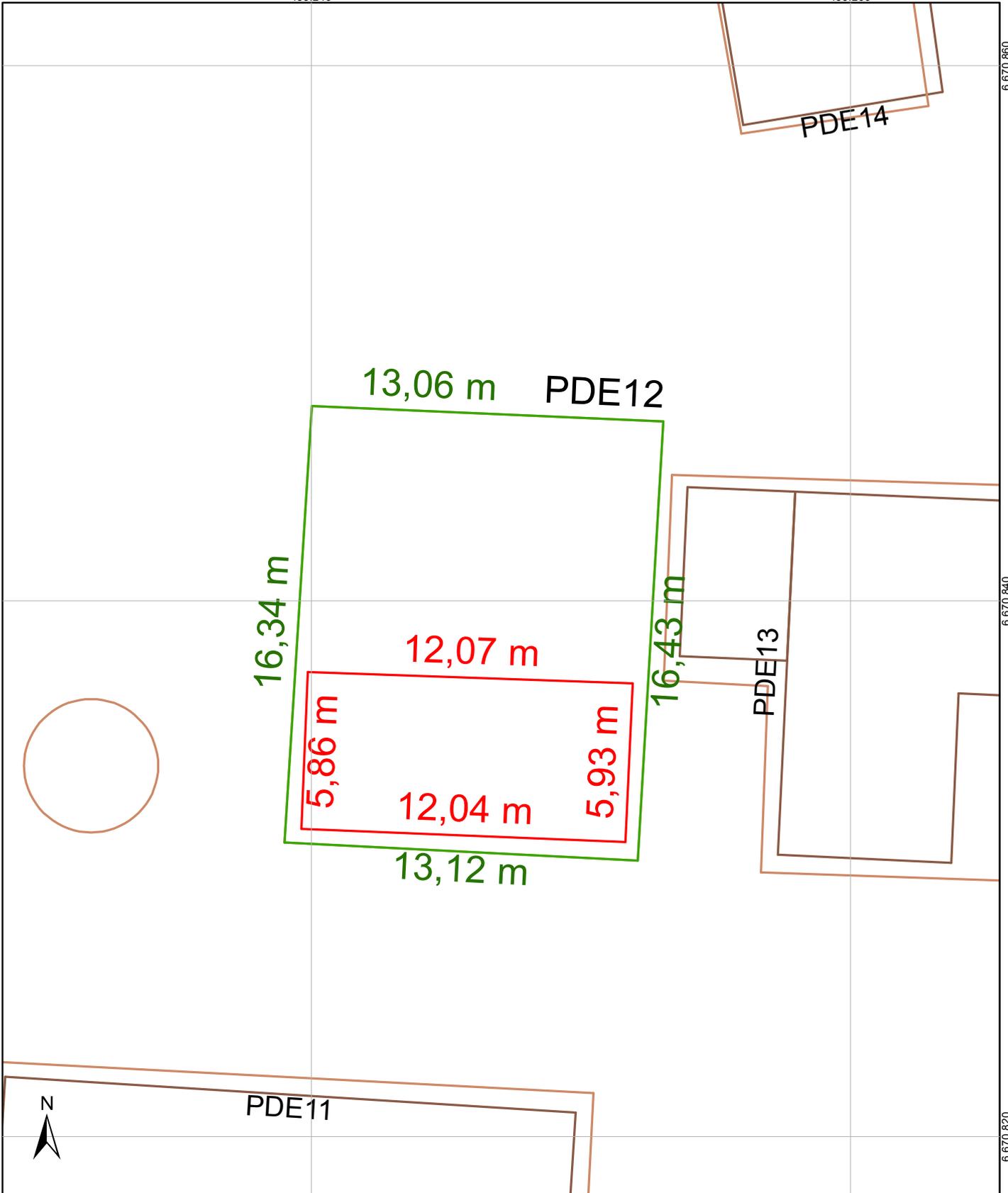
Descrição:

Trata-se de um galpão com cobertura em telha metálica. Suas laterais também são cobertas por telha metálica. Além da parte fechada possui um telheiro ao lado que é utilizado como garagem. Possui sua estrutura em madeira.

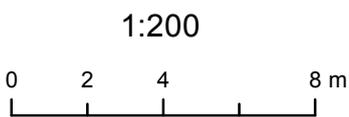
Tipo de Imóvel:	Galpão/Garagem
Material de Construção:	Estrutura em madeira/telha metálica
Material da Cobertura:	Telha metálica
Área privativa (m ²):	71,04
Área total (m ²):	214,42
Revestimento:	Telha metálica
Piso:	Concreto/Chão batido
Planta:	PDE12

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE12
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 13

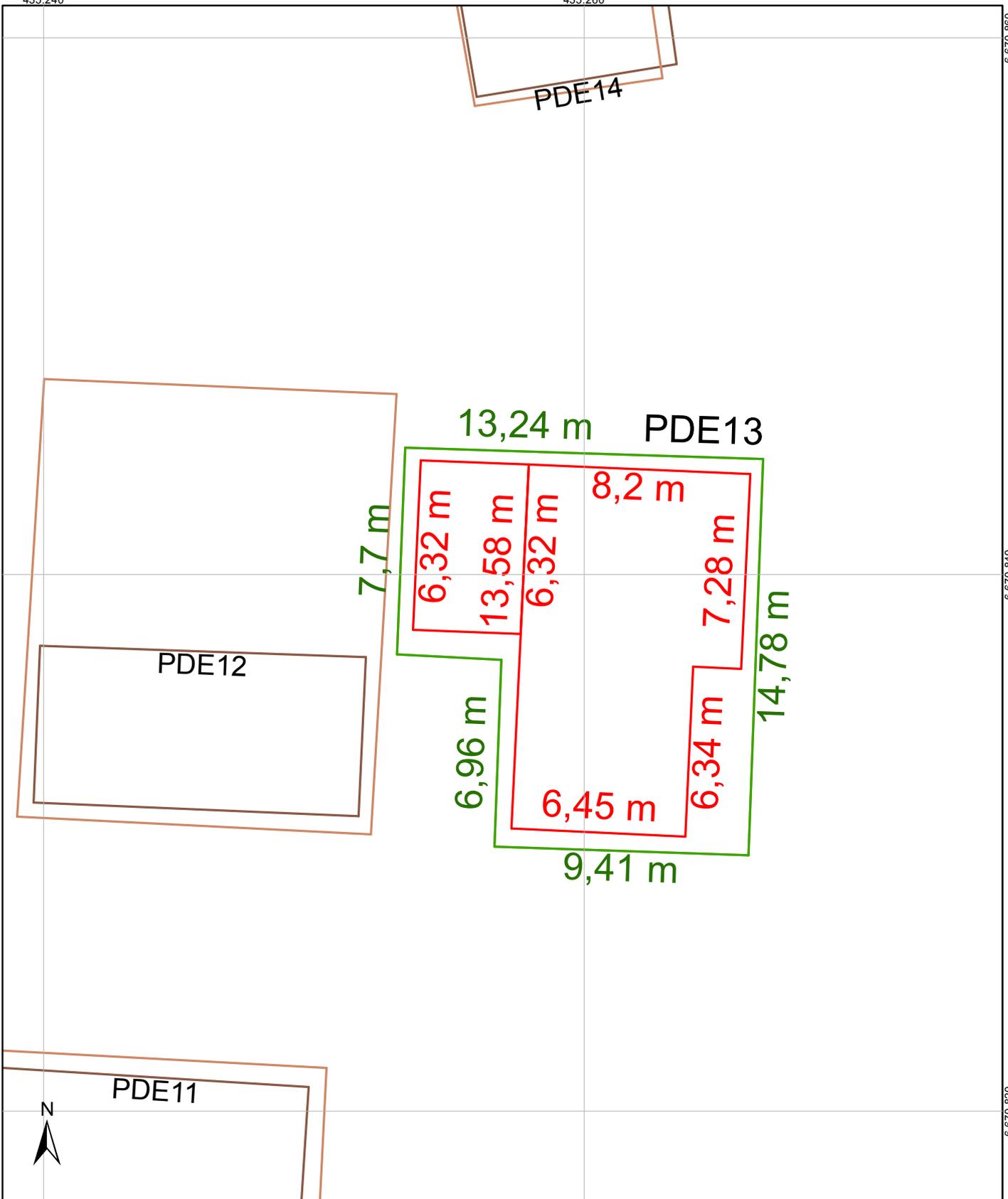
Descrição:

Trata-se de uma casa com cobertura de telhas de cerâmica e parte em telha de fibrocimento. As paredes são na maioria em madeira com um anexo e parte dos fundos em alvenaria. Esta edificação é utilizada como sede da fazenda.

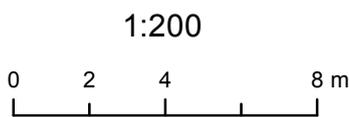
Tipo de Imóvel:	Escritório
Material de Construção:	Madeira/Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	125,61
Área coberta (m):	168,71
Revestimento:	Madeira/Tijolo avista
Piso:	Madeira
Planta:	PDE13

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE13
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 14

Descrição:

Trata-se de uma igreja construída totalmente em alvenaria. É a edificação mais antiga da UFRGS.

Tipo de Imóvel:	Igreja
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	59,18
Área total (m ²):	61,42
Revestimento:	Reboco
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE14

Relatório Fotográfico:

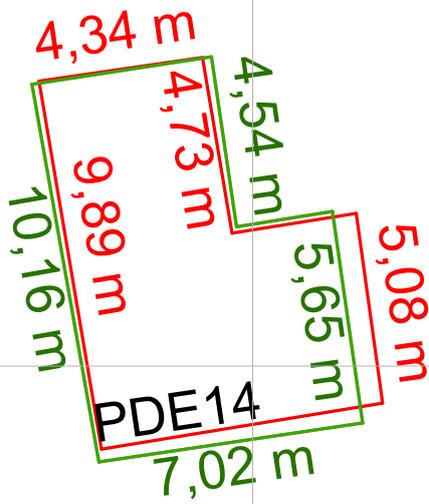


PDE17

PDE16

6.670.880

6.670.860



PDE14

PDE13



PLANTA INDIVIDUAL - PDE14
LEVANTAMENTO CADASTRAL

1:200



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 15

Descrição:

Trata-se de uma casa de alvenaria e com cobertura em telha de fibrocimento. É utilizada pelos seguranças que trabalham na fazenda.

Tipo de Imóvel:	Residencial
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	82,25
Área total (m ²):	103,93
Revestimento:	Reboco
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE15

Relatório Fotográfico:



435.200

435.220

6.670.880

6.670.860

PDE15



7,19 m



PLANTA INDIVIDUAL - PDE15
LEVANTAMENTO CADASTRAL

1:200



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 16

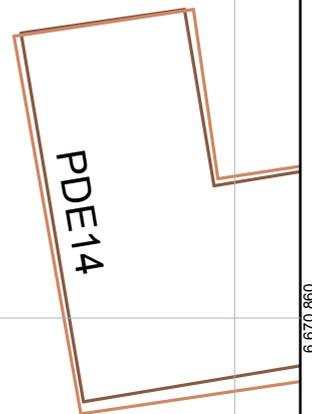
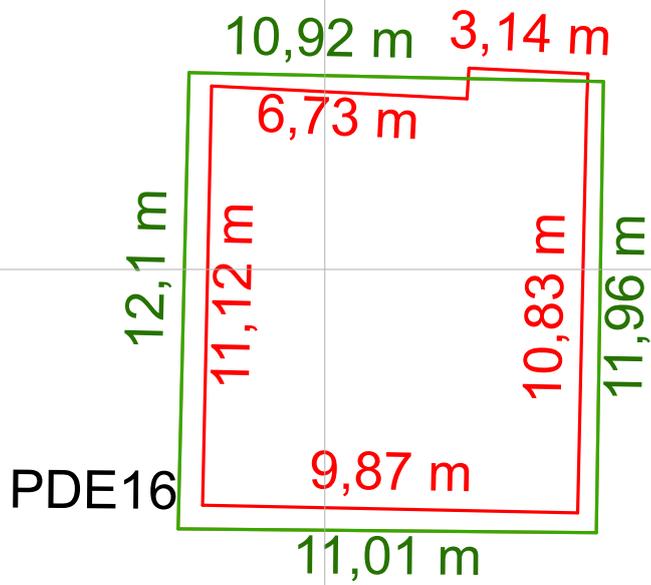
Descrição:

Trata-se de um galpão com cobertura em telha de cerâmica e estrutura em toras de eucalipto. Possui uma churrasqueira em um dos seus lados. O piso é de concreto.

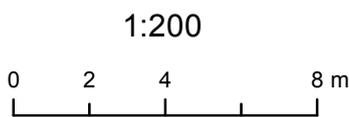
Tipo de Imóvel:	Galpão
Material de Construção:	Madeira
Material da Cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	110,85
Área total (m ²):	131,91
Revestimento:	Madeira
Piso:	Concreto
Planta:	PDE16

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE16
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 17

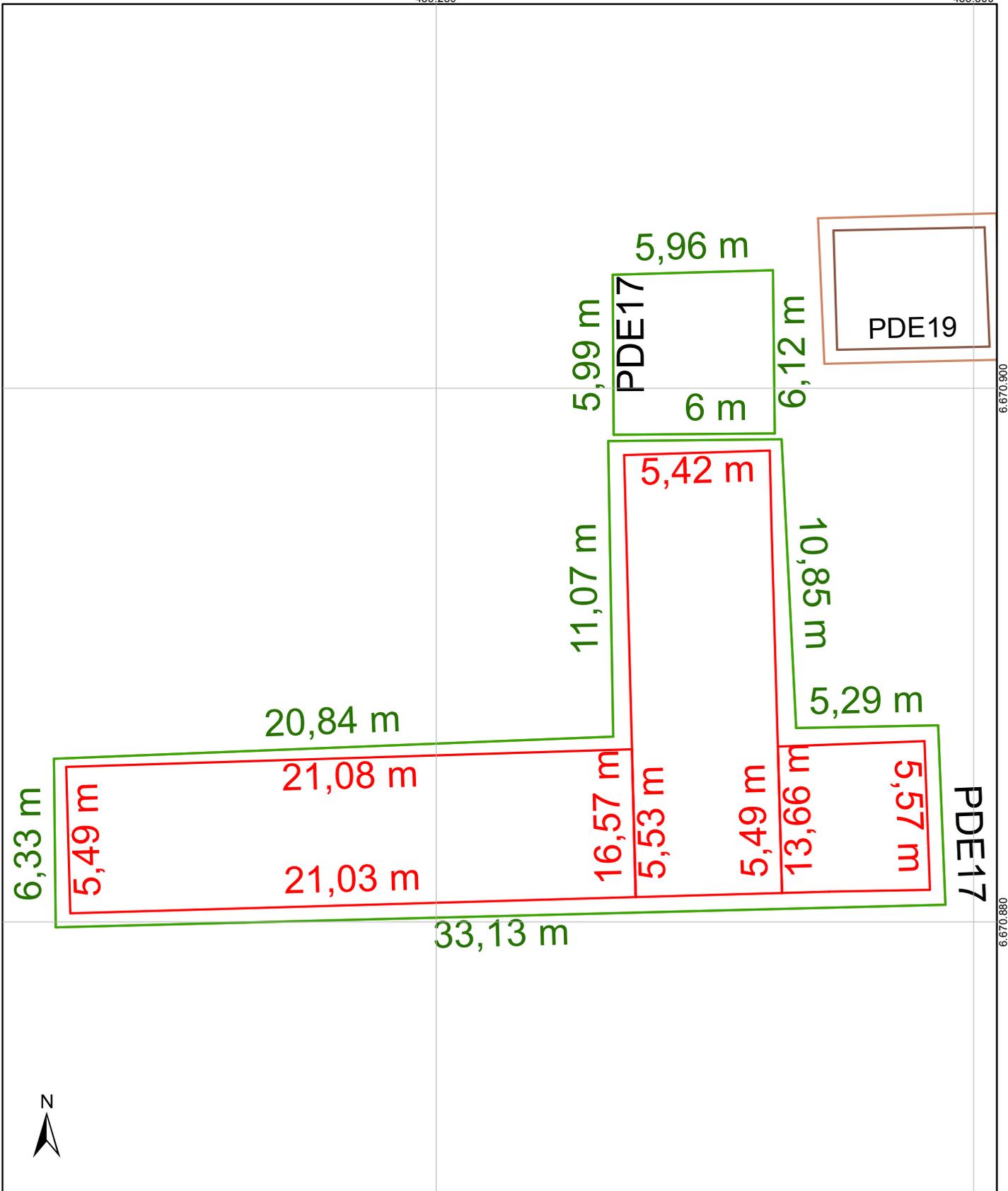
Descrição:

Trata-se de uma edificação de madeira e parte de alvenaria. A parte de madeira é composta por um grande salão utilizado como refeitório e a parte de alvenaria é utilizada como cozinha. Possui cobertura em telhas de cerâmica.

Tipo de Imóvel:	Refeitório/Cozinha
Material de Construção:	Madeira/alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	236,09
Área total (m ²):	325,47
Revestimento:	Madeira/Reboco
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE17

Relatório Fotográfico:





6.670.800
6.670.099

PLANTA INDIVIDUAL - PDE17 LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:200

UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 18

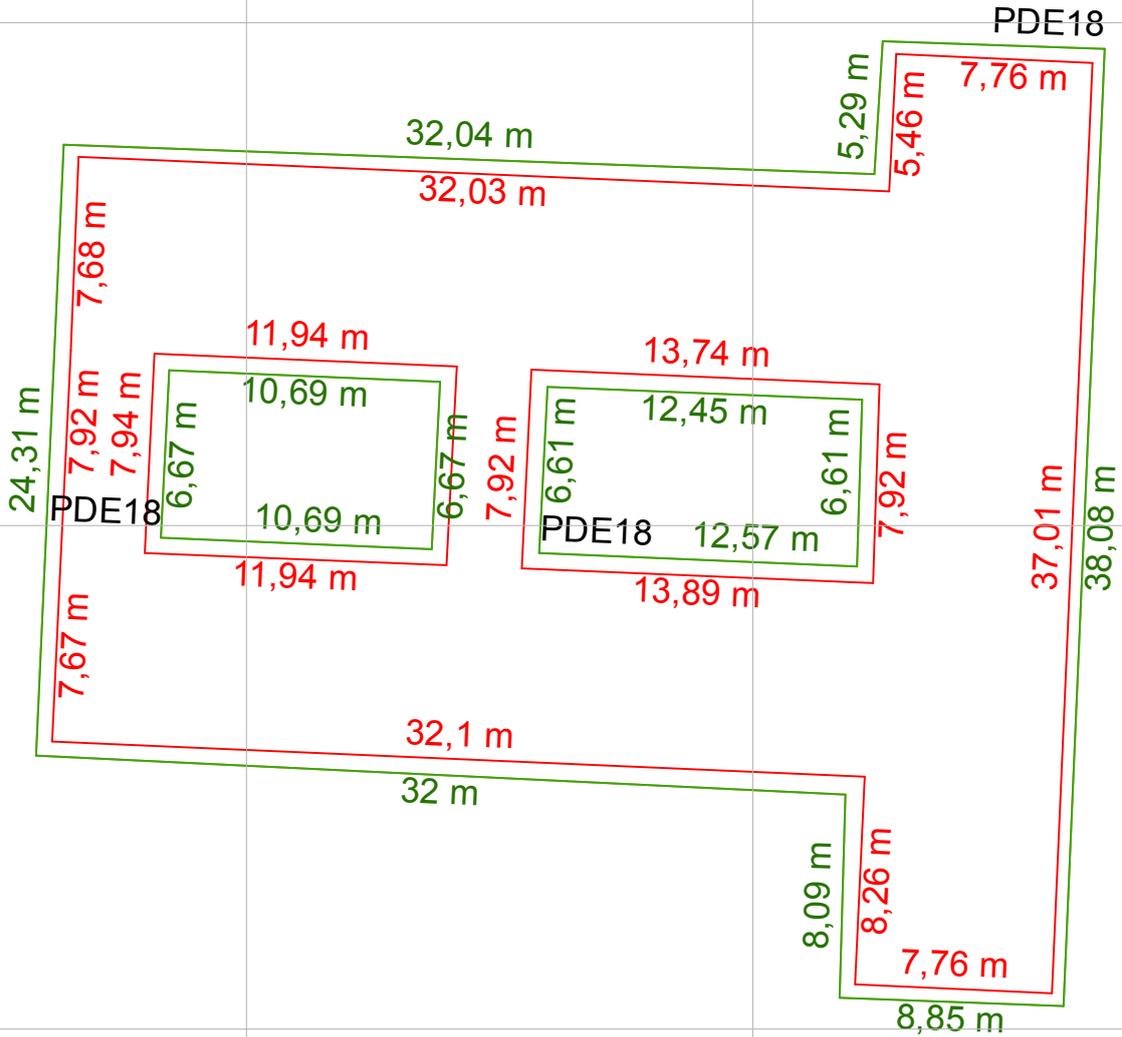
Descrição:

Trata-se de uma edificação em alvenaria e com cobertura em telhas de cerâmica. É utilizada como hotel e possui espaços de convivência em seu interior. Em sua parte frontal é uma edificação de um pavimento e nos fundos faz uso do relevo e possui dois pavimentos.

Tipo de Imóvel:	Alojamento/Salas de aula
Material de Construção:	Alvenaria
Material da Cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	625,56
Área total (m ²):	815,05
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE18

Relatório Fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE18
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 19

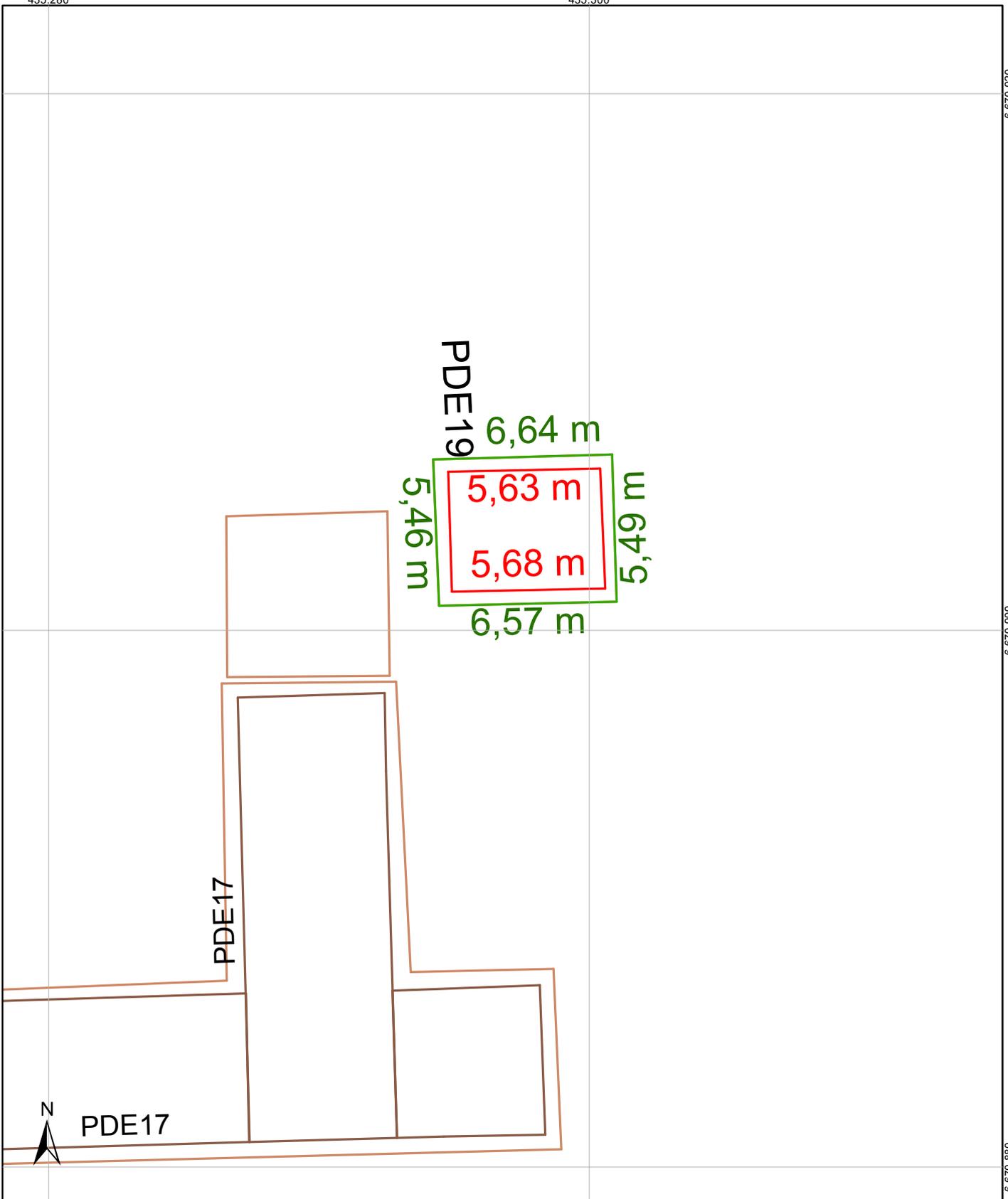
Descrição

É uma garagem de madeira localizada nos fundos do refeitório.

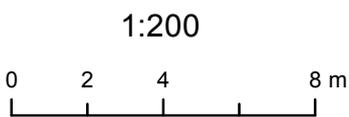
Tipo de Imóvel:	Garagem
Material de construção:	Madeira
Material da cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	25,27
Área total (m ²):	36,18
Revestimento:	Madeira
Piso:	Chão batido
Planta:	PDE 19

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE19
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 20

Descrição

Trata-se de um depósito com alguns maquinários. Localiza-se bem ao norte da fazenda.

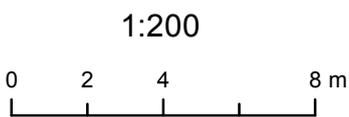
Tipo de Imóvel:	Depósito/área de serviço
Material de construção:	Alvenaria
Material da cobertura:	Telha de cerâmica
Área privativa (m ²):	84,64
Área total (m ²):	113,27
Revestimento:	Reboco
Piso:	Concreto
Planta:	PDE 20

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE20
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 21

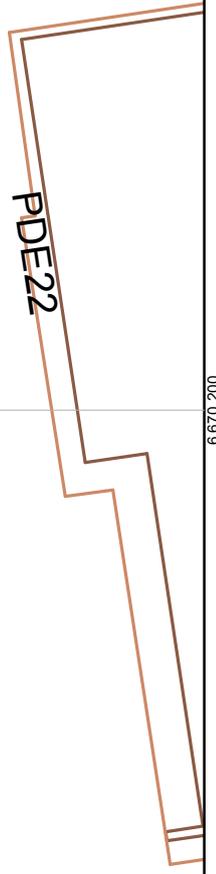
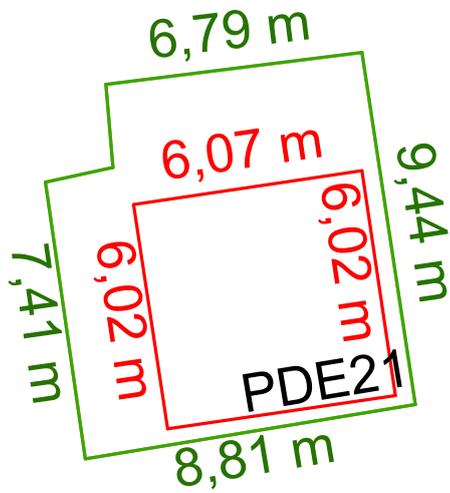
Descrição

Trata-se de uma casa feita de toras de madeira com piso de concreto. É utilizada como depósito.

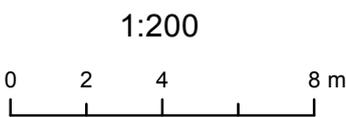
Tipo de Imóvel:	Residencial/Depósito
Material de construção:	Madeira
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	36,54
Área total (m²):	80,01
Revestimento:	Madeira
Piso:	Concreto
Planta:	PDE 21

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE21
LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:200

UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 22

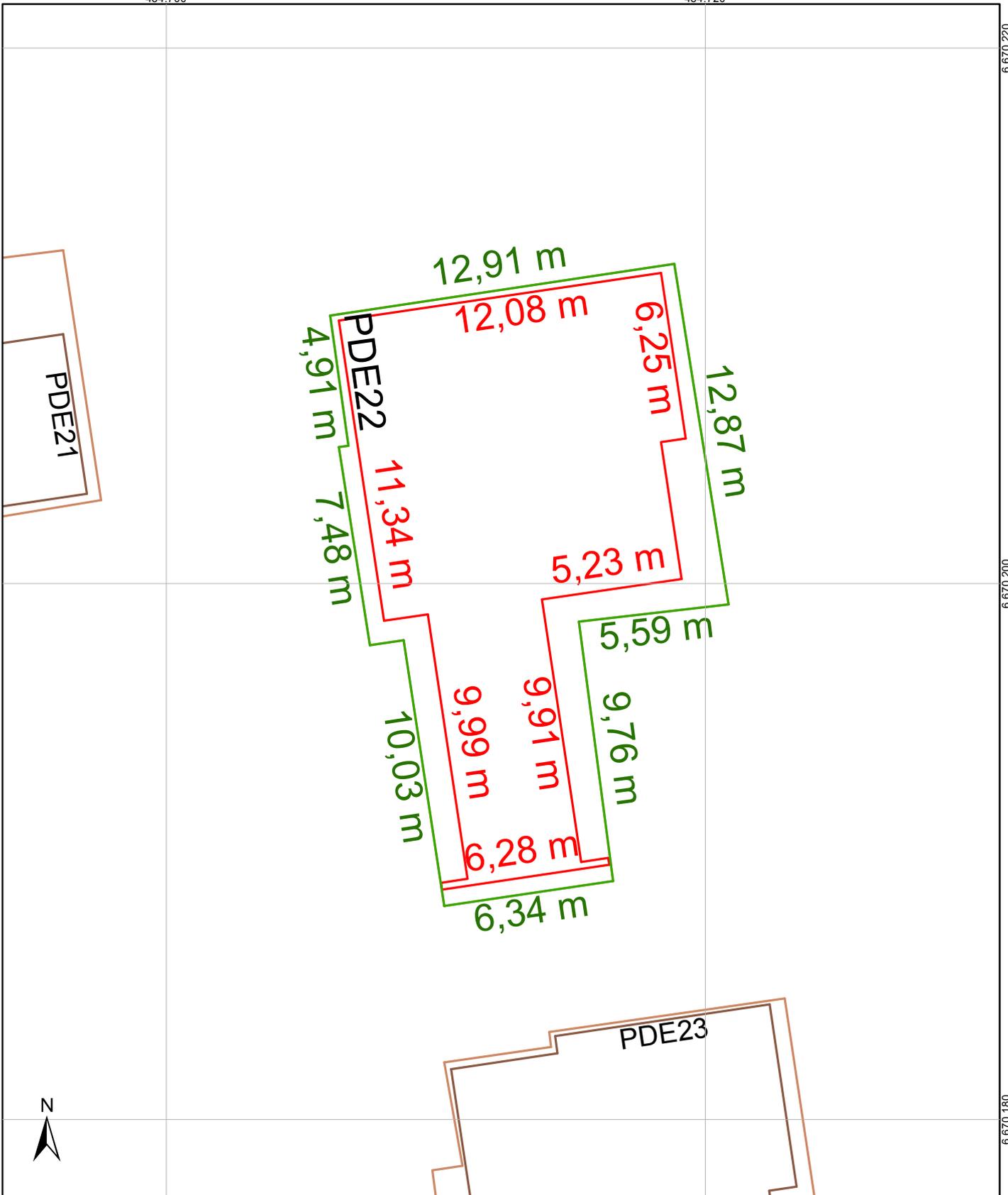
Descrição

Trata-se de uma casa utilizada como alojamento. Possui formato irregular. Encontra-se na parte sudoeste da fazenda.

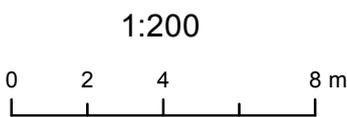
Tipo de Imóvel:	Alojamento
Material de construção:	Alvenaria/Madeira
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	176,90
Área total (m²):	230,67
Revestimento:	Tijolo a vista/Reboco/Madeira
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE 22

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE22
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 23

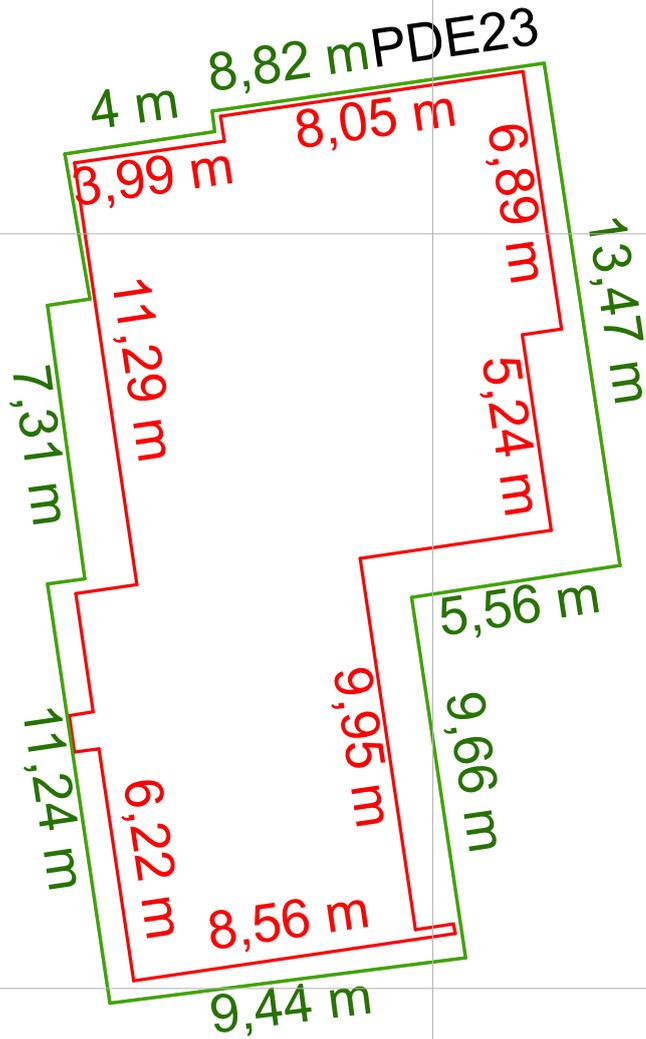
Descrição

Trata-se de uma casa utilizada como alojamento. Possui formato irregular. Encontra-se na parte sudoeste da fazenda.

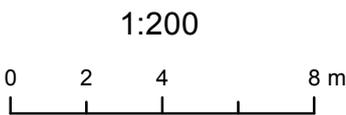
Tipo de Imóvel:	Alojamento
Material de construção:	Alvenaria/Madeira
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	216,15
Área total (m ²):	273,02
Revestimento:	Tijolo a vista/Reboco/Madeira
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE 23

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE23
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 24

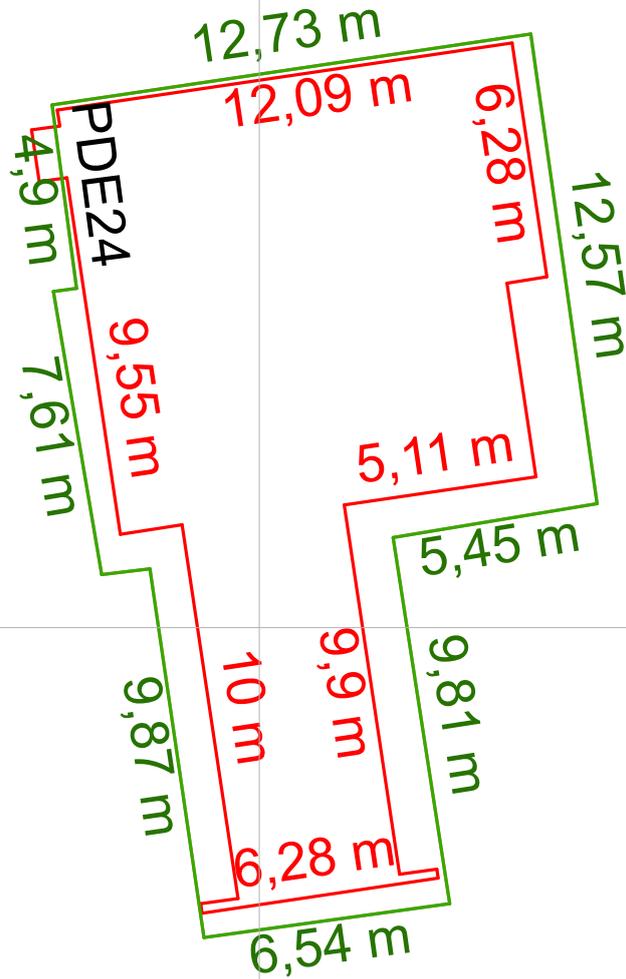
Descrição

Trata-se de uma casa utilizada como alojamento. Possui formato irregular. Encontra-se na parte sudoeste da fazenda.

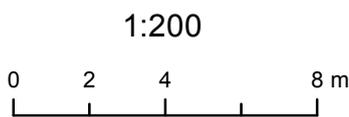
Tipo de Imóvel:	Alojamento
Material de construção:	Alvenaria/Madeira
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	178,28
Área total (m²):	228,64
Revestimento:	Tijolo a vista/Reboco/Madeira
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE 24

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE24
LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:200

UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 25

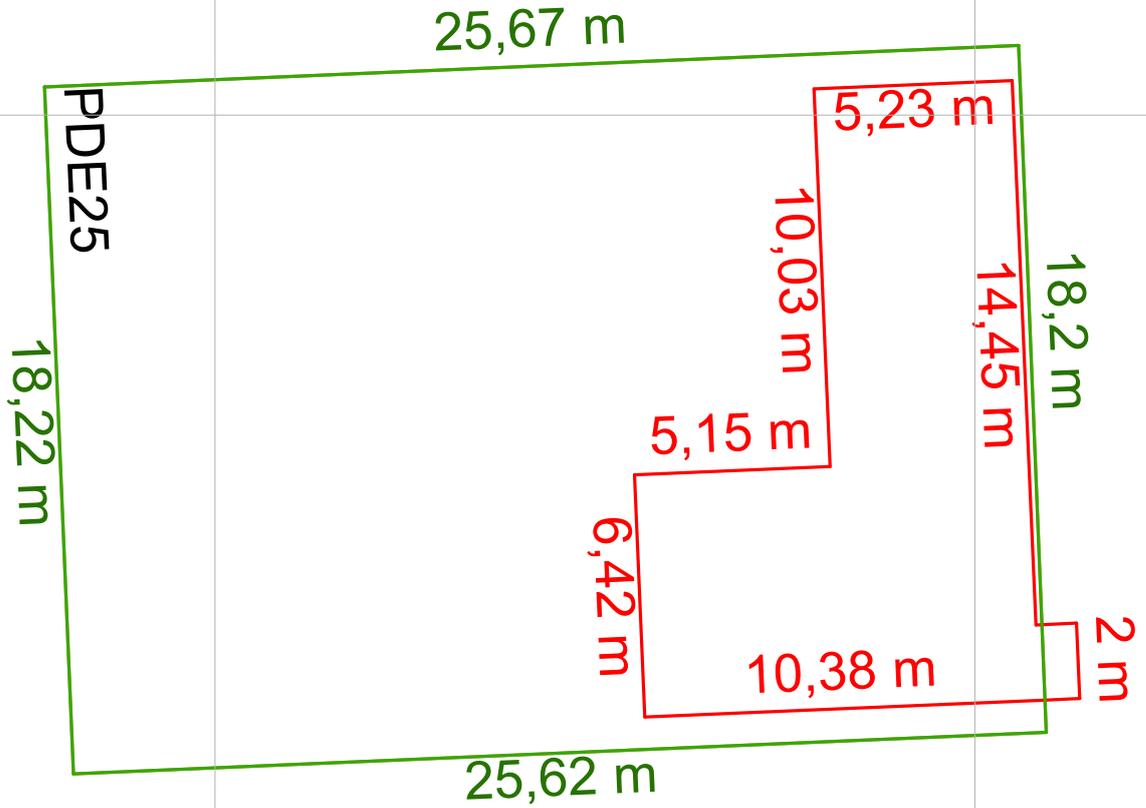
Descrição

Trata-se de um telheiro utilizado como área de serviço e garagem pra máquinas agrícolas e tratores. Possui uma parte fechada feita de alvenaria. Localiza-se ao lado do marco M09.

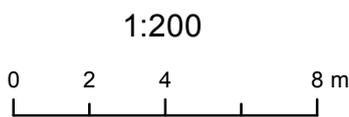
Tipo de Imóvel:	Telheiro/Depósito
Material de construção:	Estrutura em concreto/alvenaria
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	121,26
Área total (m²):	466,94
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Chão batido/concreto
Planta:	PDE 25

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE25
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 26

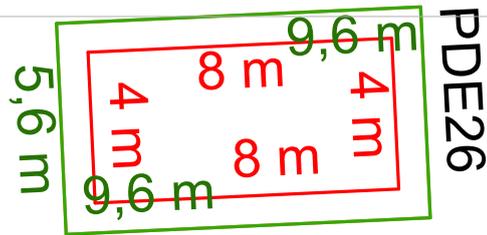
Descrição

Trata-se de um lavabo. É utilizado para higienização e para troca de roupas das pessoas que acessarão ao matizeiro de aves.

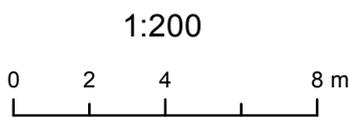
Tipo de Imóvel:	Lavabo
Material de construção:	Alvenaria
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	31,99
Área total (m²):	53,75
Revestimento:	Reboco
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE 26

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE26
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 27

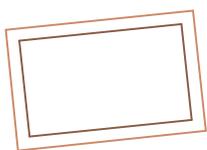
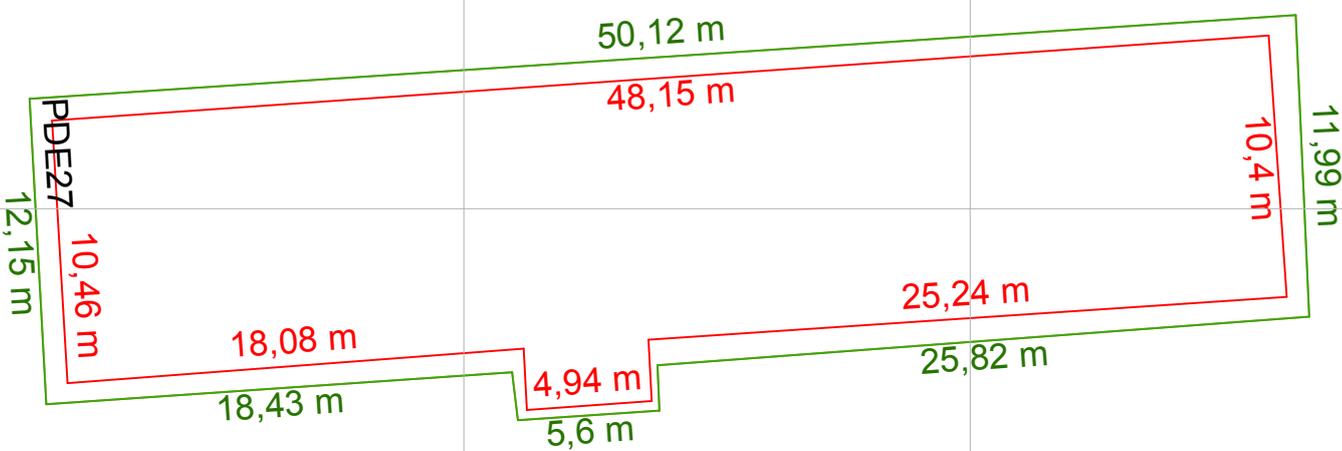
Descrição

É um matrizeiro de aves. É um local climatizado produtor de ovos férteis para a produção de aves comerciais.

Tipo de Imóvel:	Matrizeiro
Material de construção:	Alvenaria
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	512,65
Área total (m²):	616,87
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE 27

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE27
LEVANTAMENTO CADASTRAL

1:300



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 28

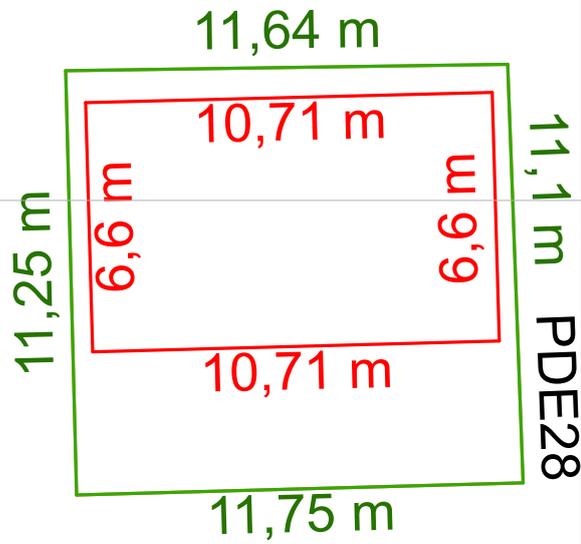
Descrição

Trata-se de uma casa. É utilizada pelos guardas da Estação Experimental Agronômica. Está localizada entre o matizeiro e o aviário.

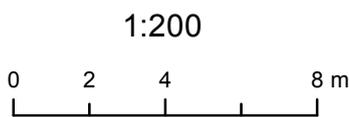
Tipo de Imóvel:	Residencial
Material de construção:	Alvenaria
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m ²):	70,31
Área total (m ²):	130,73
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Cerâmica
Planta:	PDE 28

Relatório fotográfico:





PLANTA INDIVIDUAL - PDE28
LEVANTAMENTO CADASTRAL



UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



EDIFICAÇÃO 29

Descrição

Trata-se de um aviário. Recinto para confinar aves.

Tipo de Imóvel:	Aviário
Material de construção:	Alvenaria
Material da cobertura:	Telha de fibrocimento
Área privativa (m²):	604,39
Área total (m²):	700,32
Revestimento:	Tijolo a vista
Piso:	Piso bruto
Planta:	PDE 29

Relatório fotográfico:



434.540

434.560

434.580

434.600

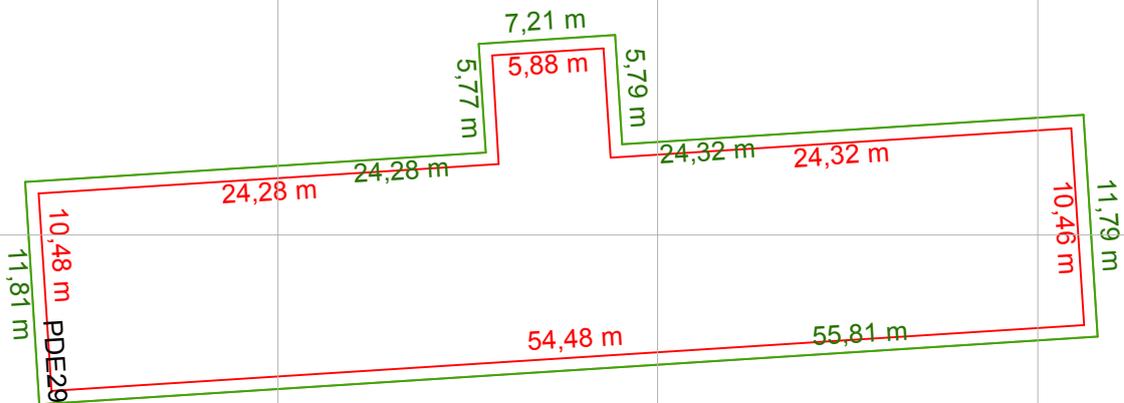
6.670.640

6.670.620

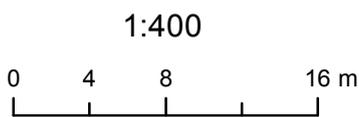
6.670.600

6.670.580

6.670.560



PLANTA INDIVIDUAL - PDE29 LEVANTAMENTO CADASTRAL



1:400

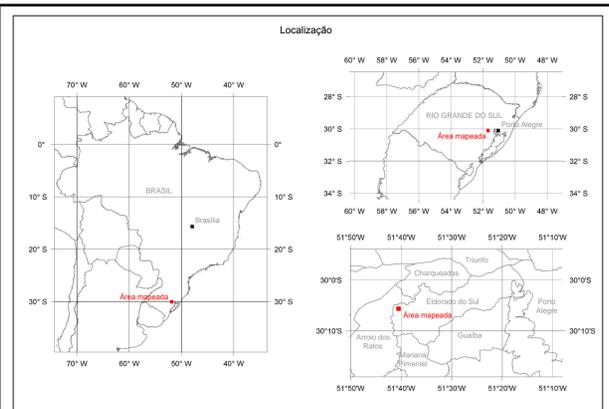
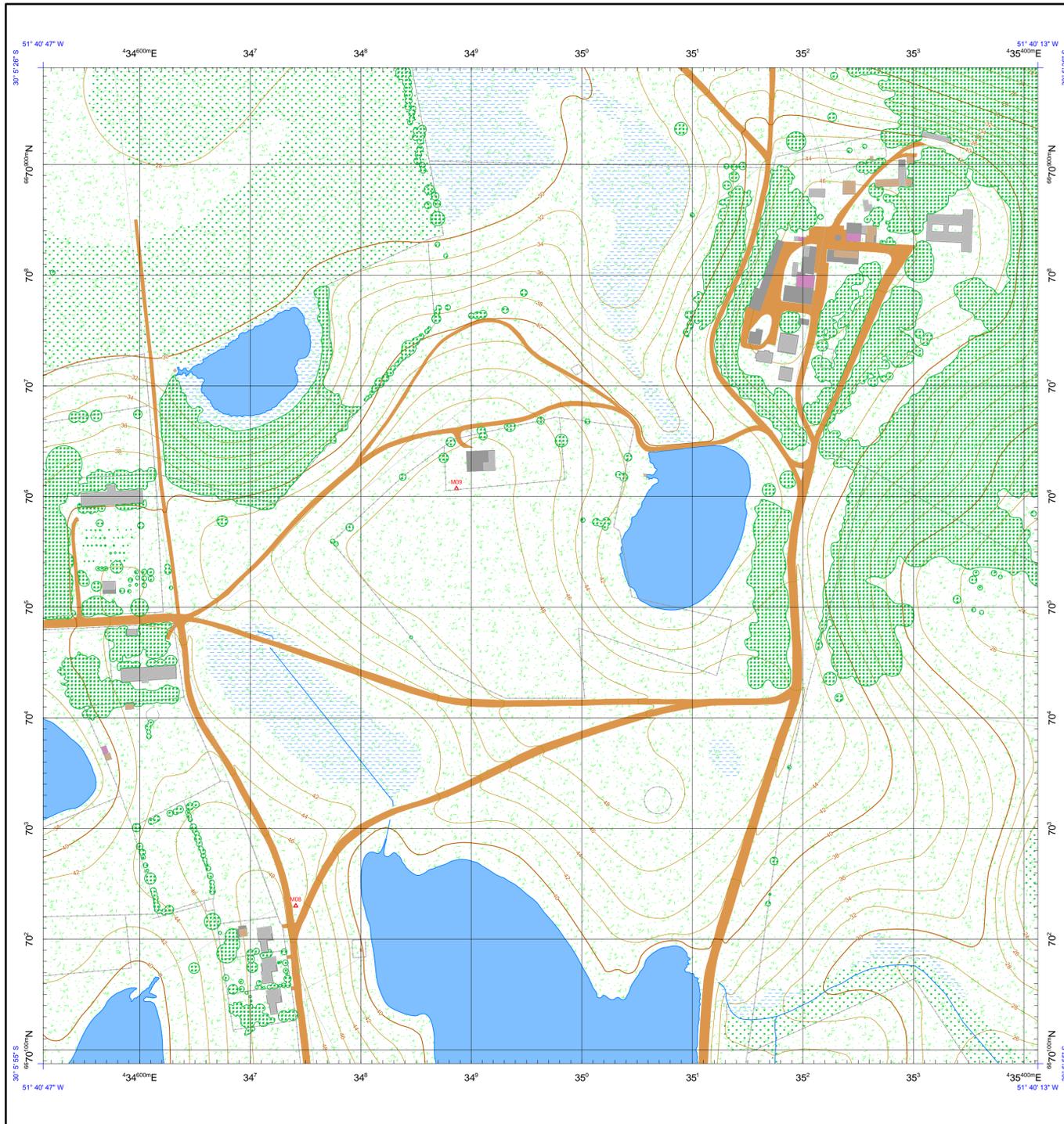
UTM
FUSO 22 S
Datum SIRGAS2000

Legenda

- Levantamento Fotogramétrico do Prédio de Interesse
- Levantamento Topográfico do Prédio de Interesse
- Levantamento Fotogramétrico dos Demais Prédios
- Levantamento Topográfico dos Demais Prédios



APÊNDICE B - Mapa topográfico cadastral da região central da EEA da UFRGS.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 Instituto de Geociências
 Curso de Engenharia Cartográfica

MAPA CADASTRAL DA REGIÃO CENTRAL DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL AGRÔNOMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Legenda

MARCO GEODÉSICO	REDE ELÉTRICA	CAMPO
ACESSO	ÁREA TOTAL DA EDIFICAÇÃO	BANHADO
CURVA DE NÍVEL	CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA	VEGETAÇÃO ARBUSTIVA OU ARBÓREA
CERCA	CONSTRUÇÃO DE MADEIRA	TERRENO INUNDÁVEL
TRECHO DE DRENAGEM	CONSTRUÇÃO DE TELHA METÁLICA	MASSA D'ÁGUA

Informações Cartográficas

Datum Horizontal: SIRGAS2000
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba - SC
 Projeção: Universal Transversa de Mercator (MC 51° W)
 Equidistância de 2 metros entre curvas de nível

Mapeamento realizado em agosto de 2014, por meio de:
 Levantamento geodésico,
 Levantamento fotogramétrico, e
 Levantamento topográfico cadastral

Coordenadas dos Marcos Geodésicos

Ponto	Norte UTM 22 S (m)	Este UTM 22 S (m)	Altitude (m)
M08	6670229,925	434741,178	47,988
M09	6670607,174	434886,624	49,660



Declinação Magnética e Convergência Meridiana do centro da folha

Declinação Magnética em fevereiro de 2015:
 12° 9' W
 Variando 9' W ao ano

Convergência Meridiana:
 20' 18,46" E

Equipe técnica

LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO:	ORIENTAÇÃO:
Acadêmico: Gustavo Roberto de Moraes Matias	Professor: Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha (Orientador)
Acadêmico: Matheus Pereira Guzzatto	Professor: Dr. Mário Luiz Lopes Reiss (Co-orientador)
Acadêmico: Pablo Guilherme Silveira	