UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRAFICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

JOSÉ EDUARDO ANDRADE NERI DE SOUZA
JOSÉ GABRIEL VIEIRA SANTOS

ANÁLISE DA EXTRAÇÃO DE LIMITES CADASTRAIS A PARTIR DE DADOS DE LiDAR EM ATENDIMENTO AO SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DE INFORMAÇÕES TERRITORIAIS - SINTER

Recife
2018

JOSÉ EDUARDO ANDRADE NERI DE SOUZA
JOSÉ GABRIEL VIEIRA SANTOS

ANÁLISE DA EXTRAÇÃO DE LIMITES CADASTRAIS A PARTIR DE DADOS DE LiDAR EM ATENDIMENTO AO SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DE INFORMAÇÕES TERRITORIAIS - SINTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Cartográfica, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: M. Sc. Erison Rosa de Oliveira Barros.

Recife
2018

Catalogação na fonte
Bibliotecário Gabriel da Luz, CRB-4 / 2222

S729a Souza, José Eduardo Andrade Neri de.
Análise da extração de limites cadastrais a partir de dados de LiDAR em atendimento ao Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais - SINTER/ José Eduardo Andrade Neri de Souza, José Gabriel Vieira Santos - 2018.
87 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. M. Sc. Erison Rosa de Oliveira Barros.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Cartográfica, 2018.
Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia cartográfica. 2. Cadastro. 3. Limites cadastrais. 4. LiDAR. 5. SINTER. I. Santos, José Gabriel Vieira. II. Barros, Erison Rosa de Oliveira. III. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.) BCTG/2019-02

JOSÉ EDUARDO ANDRADE NERI DE SOUZA
JOSÉ GABRIEL VIEIRA SANTOS

ANÁLISE DA EXTRAÇÃO DE LIMITES CADASTRAIS A PARTIR DE DADOS DE LiDAR EM ATENDIMENTO AO SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DE INFORMAÇÕES TERRITORIAIS - SINTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Cartográfica, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Aprovada em: _____/_____/_____.

BANCA EXAMINADORA

_____
Profº. M. Sc. Erison Rosa de Oliveira Barros (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Profº. Dr. Cezário de Oliveira Lima Junior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Profª. Drª. Simone Sayure Sato (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que durante todo o processo, permitiu que tudo acontecesse segundo a sua vontade, não só na nossa vida acadêmica, mas também em um contexto geral.

Aos nossos pais que nos momentos mais difíceis da nossa caminhada na universidade e na vida, sempre nos estenderam as mãos, acreditaram em nosso potencial e nos apoiaram de forma incondicional, estando sempre juntos em nossas conquistas. As nossas namoradas, que de forma semelhante a nossos pais, sempre nos apoiaram, nos motivaram e nunca duvidaram da nossa capacidade de conseguir atingir nossos objetivos. Nossa eterna gratidão.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), principalmente ao Departamento de Engenharia Cartográfica (DECart) e ao Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) por todo suporte e ambiente disponíveis durante toda graduação.

Agradecemos a todos os professores, por nos permitir obter o máximo conhecimento profissional, possível, durante nossa graduação, como também o amadurecimento do nosso caráter e relações pessoais, nos preparando para a vida profissional que nos espera.

Eu, José Gabriel Vieira Santos, quero agradecer, em especial, ao professor Erison Rosa de Oliveira Barros, pelas oportunidades que me foi concedida por ele, de aprender cada vez mais e também de mostrar meu trabalho. Agradecer também aos professores Lucilene Antunes Correia Marques de Sá, Cezário de Oliveira Lima Junior, Simone Sayure Sato, por sempre me ajudarem, da melhor forma possível, quando precisei de orientação, e aos dois últimos, também, por terem aceito participar da nossa banca.

Queremos agradecer também a nossos amigos de universidade, que nos apoiaram e nos alegraram nessa caminhada, principalmente, Evely Ferrreira, Laizy Azevedo e Leonardo Barbosa, por toda ajuda e companheirismo que nos foi concedida durante todo esse tempo. A Tiago Holanda, também, por ter nos ajudado no trabalho de campo.

Jamais conseguiríamos definir, de forma completa, através de palavras, toda nossa gratidão, por todos, que de forma direta ou indiretamente nos ajudaram a chegar aqui hoje nessa fase tão importante de nossas vidas.

RESUMO

Com o surgimento do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER), tornam-se necessários estudos que auxiliem a viabilização do mesmo. Dessa forma, este trabalho traz uma abordagem a respeito de metodologias para obtenção de limites cadastrais de parcelas urbanas proposto pelo SINTER. Aqui foram utilizados técnicas de Topografia/Geodésia: Posicionamento por Ponto Preciso, nivelamento, poligonação e irradiação, bem como, procedimentos de Fotogrametria/Sensoriamento Remoto: utilização de ortofotos e classificação no Modelo Digital de Terreno. O objetivo deste trabalho, é de propor uma metodologia aplicada ao cadastro urbano, utilizando dados do Pernambuco tridimensional (PE3D) para obter limites cadastrais. A área de estudo foi o Mercado Público do município do Paudalho. Os dados utilizados, do PE3D, foram: nuvem de pontos e ortofotos. Também foram utilizados dados de referência de nível – RN, do IBGE. Levantamentos de campo, foram realizados para obter coordenadas dos limites da parcela de uma área de estudo. Por fim, obtiveram-se as coordenadas dos limites da parcela de estudo, através de métodos de levantamento cadastral, referentes a Topografia/Geodésia e também por meio dos dados de perfilhamento a laser do PE3D, no qual se comparou os resultados obtidos pelos diferentes métodos.

Palavras chave: Cadastro. Limites cadastrais. LiDAR. SINTER.

ABSTRACT

With the emergence of the National System of Territorial Information Management (SINTER), studies are needed to assist the feasibility of this. Thus, this work brings an approach regarding the methodologies for obtaining cadastral boundaries of urban parcels proposed by SINTER. Here, Topography/Geodesy techniques were used: Positioning by Precision Point, leveling, polygonization and irradiation, as well as, Photogrammetry/Remote Sensing procedures: orthophotos and classification in the Digital Terrain Model. The objective of this work is to propose a methodology applied to the urban cadastre, using data from three dimensional Pernambuco (PE3D) to obtain cadastral boundaries. The study area was the Public Market of the municipality of Paudalho. The data used, from PE3D, were: cloud of points and orthophotos. Level reference data were also used - RN, from IBGE. Field surveys were carried out to obtain coordinates of the boundaries of the portion of a study area. Finally, the coordinates of the limits of the study plot were obtained by means of cadastral surveying methods, referring to Topography/Geodesy and also by means of laser tillering data of PE3D, in which the results obtained by the different methods were compared.

Keywords: Cadastre. Limits cadastral. LiDAR. SINTER.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frentes de Integração do SINTER 14
Figura 2 – Posicionamento Relativo..... 15
Figura 3 – Poligonal aberta..... 25
Figura 4 – Poligonal fechada..... 25
Figura 5 – Poligonal enquadrada..... 25
Figura 6 – Esquema do método de Nivelamento Geométrico Simples 26
Figura 7 – Esquema do método de Nivelamento Geométrico Composto..... 27
Figura 8 – Esquema do método de Nivelamento Trigonométrico 27
Figura 9 – Esquema do método de Irradiação..... 28
Figura 10 – Princípio de Funcionamento do LiDAR 32
Figura 11 – Precisão x Acurácia..... 38
Figura 12 – Altitudes geométrica e ortométrica 41
Figura 13 – Mapa de localização do município de Paudalho de acordo com as mesorregiões de Pernambuco 44
Figura 14 – Mapa de localização do Município do Paudalho no Estado de Pernambuco..... 46
Figura 15 – Mapa de localização do Mercado Público do Paudalho..... 48
Figura 16 – Localização dos pontos de apoio principal 51
Figura 17 – Ponto P1, materializado 52
Figura 18 – Ponto P2, materializado 52
Figura 19 – Esquema do nivelamento geometrico 53
Figura 20 – Esquema da poligonal 56
Figura 21 – Esquema da irradiação 57
Figura 22 – Analise de quadrante de azimute x rumo 58
Figura 23 – Importação da nuvem de pontos 62
Figura 24 – Importação da ortofoto..... 63
Figura 25 – Comando para classificação por aterramento 63
Figura 26 – Esquema de algoritmo TIN 64
Figura 27 – Ferramenta de medição de distancia 65
Figura 18 – Medição da altura do Mercado Público 66
Figura 29 – Comando para classificação de edificações 66
Figura 30 – Nuvem de pontos classificada..... 68
Figura 31 – Perfil do Mercado Público na nuvem de pontos classificada..... 68

Figura 32 – Comando para traçar perfil 69
Figura 33 – Coleta do ponto I1 70
Figura 34 – Coleta do ponto I2 70
Figura 35 – Coleta do ponto I3 71
Figura 36 – Coleta do ponto I4 71
Figura 37 – Coleta do ponto I5 71
Figura 38 – Coleta do ponto I6 72
Figura 39 – Coleta do ponto I7 72
Figura 40 – Coleta do ponto I8 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Disponibilidade dos Produtos NRCAN 20
Tabela 2 – Disponibilidade dos Produtos IGS 20
Tabela 3 – Caracteristicas gerais por tipo de classificação de levantamentos geodesicos 22
Tabela 4 – Caracteristicas planimétricas por tipo de classificação de levantamentos geodésicos 23
Tabela 5 – Classificação de nivelamento de linhas circuitos ou seções 29
Tabela 6 – Classificações de Estações Totais 30
Tabela 7 – Classificações de Teodolitos 30
Tabela 8 – Classificações de níveis 31
Tabela 9 – Referências dos produtos PE3D 41
Tabela 10 – Atributos da RN 391T 53
Tabela 11 – Parâmetros do nivelamento 55
Tabela 12 – Perímetro da poligonal 60
Tabela 13 – Parâmetros da poligonal 60
Tabela 14 – Dados da poligonal pelo método convencional de Levantamento Topográfico .. 73
Tabela 15 – Dados da irradiação pelo método convencional de Levantamento Topográfico . 73
Tabela 16 – Dados da poligonal e da irradiação após o ajustamento pelo MMQ, em coordenadas UTM 74
Tabela 17 – Dados dos pontos limites do Mercado Público do Paudalho, a partir dos dados de LiDAR 75
Tabela 18 – Discrepências entre as coordenadas pelo metodo de topografia/geodésia e utilizando os dados do PE3D 75
Tabela 19 – Média das discrepâncias entre as coordenadas pelo metodo de topografia/geodésia e utilizando os dados do PE3D 76

LISTA DE SIGLAS

CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
DGPS	Sistemas de Posicionamento Global Diferencial
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE-PPP	Serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE
IGS	International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
LiDAR	Light Detection And Ranging
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDSn	Modelo Digital de Altura (superfície normalizada)
MDT	Modelo Digital de Terreno
NBR	Norma Brasileira
NRCAN	Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canadá
PE3D	Pernambuco Tridimensional
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
RBF	Receita Federal Brasileira
RN	Referência de Nível
RPA	Remotely-Piloted Aircraft
SINTER	Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais
UTM	Universal Transverse Mercator
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
1.1 OBJETIVO GERAL 15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16
2.1 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO CADASTRAL 16
2.1.1 **Levantamento geodésico** 16
2.1.2 **Levantamento topográfico** 24
2.1.3 **Laser scanner/Perfilamento a laser** 31
2.1.4 **Controle geométrico dos limites cadastrais** 36
2.2 TEORIA DOS ERROS 37
2.2.1 **Classificação dos erros** 37
2.2.2 **Precisão e acurácia** 38
2.2.3 **Definições Matemáticas** 38
2.2.4 **Método dos mínimos quadrados** 39
2.3 PERNAMBUCO TRIDIMENSIONAL (PE3D) 40
2.4 CONVERSÃO DE ALTITUDES GEOMÉTRICAS PARA ORTOMÉTRICAS 41
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 43
4. METODOLOGIA 49
4.1 MATERIAIS 50
4.2 PROCEDIMENTOS 50
4.2.1 **Reconhecimento da área de estudo** 50
4.2.2 **Implantação e materialização dos pontos de apoio** 50
4.2.3 **Execução do nivelamento geométrico** 52
4.2.4 **Rastreio dos pontos (GNSS)** 55
4.2.5 **Poligonal e irradiações** 55
4.2.6 **Ajustamento das observações (MMQ)** 60
4.2.7 **Classificação da nuvem de pontos LiDAR** 62

5. RESULTADOS 73

6. CONCLUSÕES 77

REFERÊNCIAS 79

ANEXO A – MONOGRAFIA DO PONTO P1 85

ANEXO B – MONOGRAFIA DO PONTO P2 86

ANEXO C – PROGRAMAÇÃO MMQ 87

1. INTRODUÇÃO

Em 2009 foi publicada a Portaria nº 511 pelo Ministério das Cidades relativa as diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), fornecendo orientações aos municípios de como implantar o CTM. Apoiado nesse movimento de incentivo ao cadastro, em 2016, foi publicado o Decreto nº 8.764, instituindo o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER). Em meio a esse cenário, também houve a publicação da Portaria Interministerial MF/MPOG nº 553 de 18 de dezembro de 2017, que estabelece as diretrizes e políticas gerais a serem observadas na administração do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais.

No dia 20 de julho de 2018, foi publicado no diário oficial da união, a Portaria nº 1.091, a qual dispõe sobre a publicação do manual operacional do SINTER (modelo de dados e modelo de comunicação).

Segundo o manual operacional (versão 1.0) de 2017, elaborado pela Receita Federal Brasileira, o qual trata do módulo de informações registrais e notariais, em relação ao modelo de dados:

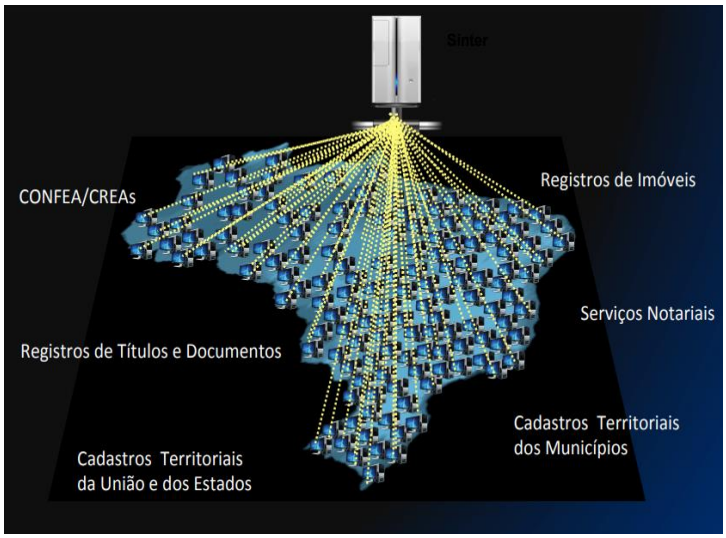
> "O Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER, foi instituído como ferramenta de gestão pública que integrará, em um banco de dados espaciais, o fluxo dinâmico de dados jurídicos produzidos pelos serviços de registros públicos ao fluxo de dados fiscais, cadastrais e geoespaciais de imóveis urbanos e rurais produzidos pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios".

O SINTER foi projetado para ser uma poderosa ferramenta não apenas para a atender a área tributária, mas também: planejamento, infraestrutura, patrimônio da União, desenvolvimento agrário, meio ambiente, habitação, mobilidade urbana, saneamento, regularização fundiária, saúde, segurança pública e etc. Uma vez que busca integrar dados cadastrais, notariais, fiscais, econômicos e geoespaciais de imóveis rurais, urbanos e também áreas públicas, resultando num mapa continuo baseado em parcelas, contendo os imóveis georreferenciados, associados às informações sobre seu valor de mercado e fiscal, dados da pessoa responsável e sua situação legal (propriedade, posse, e etc.), bem como seus direitos, deveres e restrições.

A figura 1, apresenta, de forma resumida, todo o procedimento que envolve o SINTER, onde mostra que o mesmo busca armazenar em uma base cadastral única, dados de registro de imóveis, serviços notariais, cadastros territoriais dos municípios, estados e união, registro de

títulos e documentos e também, informações dos órgãos regulamentadores (CONFEA/CREAs).

Figura 1 - Frentes de integração do SINTER



Fonte: Grupo Governaça de Terras - Unicamp

Segundo a RFB (2016), entre os benefícios que deverão ser ofertados por esse sistema, está o maior conhecimento e controle do território municipal, possibilitando uma melhor tomada de decisões, baseadas em caráter técnico, acarretando assim uma maior eficiência da gestão pública, a redução da evasão fiscal e etc. Para os registradores, existirá a oportunidade de visualizar as feições do território, dos polígonos de contorno dos imóveis e comparar as camadas das áreas registradas (propriedade) com as das não registradas (posse).

O principal benefício da implantação do SINTER para a sociedade, deve-se ao fato de se ter uma maior segurança jurídica, consequentemente uma proteção ao credito e ao mercado imobiliário. No ato da compra de um imóvel, o indivíduo poderá ter a certeza de que o imóvel possui seus limites precisamente definidos na matricula.

Quanto à precisão a ser obtida na definição dos limites dos imóveis, o SINTER, deverá seguir os padrões da regularização fundiária urbana, estabelecidos pela lei 13.465, de 11 de julho de 2017, regulamentado pelo decreto 9.310. Nele, se institui normas gerais e procedimentos aplicáveis a regularização fundiária urbana, estabelecendo o valor de 8 cm de precisão tridimensional, esférica. Segundo a cartilha do Métrica Topo (50 dúvidas sobre o SINTER), além desses 8 centímetros, a precisão contará com uma tolerância de sobreposição de ± 2 cm.

Dessa forma, na recente criação de manuais e normas do SINTER, são necessários

estudos, que auxiliem na verificação e consolidação da capacidade de atendimento as normas, de modo que possam contribuir na construção desses instrumentos normativos e orientadores.

A intenção deste estudo é a partir do conhecimento dos métodos tradicionais topográficos de levantamento de limites de parcelas, comparara e verificar a qualidade da extração deste tipo de feição obtidas pelos dados do Light Detection And Ranging - LiDAR (detecção e localização do alvo por meio de laser), visando verificar a possibilidade de utilização desta tecnologia para extração de limites para o cadastro urbano brasileiro, para com isso, dar subsídios a implantação do SINTER, visto que um trabalho topográfico de levantamentos de limites cadastrais, na área urbana dos municípios, apresenta elevado grau de complexidade, por toda dinâmica social e comercial, presente na cidade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a possibilidade de utilização dos dados LiDAR do PE3D, para extração de limites cadastrais urbanos e verificar a viabilidade de uso, em conformidade com as normas do SINTER.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a qualidade posicional da extração dos limites cadastrais urbanos utilizando dados de LiDAR, em comparação com métodos de levantamento de limites cadastrais da topografia clássica;
- Analisar métodos de extração dos limites cadastrais a partir dos dados do PE3D;
- Propor mecanismos de controle geométrico da qualidade da extração dos limites cadastrais obtidos por LiDAR;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que fosse possível realizar todo os procedimentos que envolvem esse trabalho, tornou-se necessário a busca por diversas fundamentações teóricas, relacionadas ao tema em questão. Os principais embasamentos teóricos utilizados, encontram-se nesta seção (seção 2).

2.1 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO CADASTRAL

Segundo Brandão (2003), para se determinar a localização de cada vértice limítrofe que compõe uma parcela, aplicam-se procedimentos característicos a cada método de levantamento utilizado, na obtenção das respectivas coordenadas.

Ainda, segundo o mesmo autor, em um projeto de levantamento cadastral, normalmente, utiliza-se uma combinação de métodos de levantamento cadastral, considerando diversos fatores, como por exemplo: as condições do terreno, os equipamentos disponíveis e a equipe de trabalho.

2.1.1 Levantamento geodésico

A Geodésia é a ciência que tem por objetivo determinar as formas e dimensões da Terra. Helmert (1880), define a Geodésia como sendo a ciência de medida e mapeamento da superfície da Terra.

Para Gemael (1999), Geodésia é a ciência que tem por objetivo determinar a forma e as dimensões da Terra, bem como os parâmetros definidores de seu campo da gravidade e suas variações temporais.

Atualmente, a Geodésia, possui também, aplicações no oceano e no espaço, que vão desde a determinação do fundo oceânico e da superfície, até o campo gravitacional de outros corpos celestes, como por exemplo, a lua e outros planetas (ZANETTI, 2007).

Dessa forma, a Geodésia se divide em 3 tipos:

- Geodésia Geométrica: utiliza medidas de distancias e ângulos sobre a superfície terrestre, com pouco uso da astronomia.
- Geodésia Física: Opera por meio de medições gravimétricas, para se determinar o campo gravitacional da Terra e consequentemente melhor

representar o geoide.

- Geodésia Celeste: emprega técnicas espaciais de posicionamento (satélites e etc.).

Sistema geodésico brasileiro

O Sistema Geodésico Brasileiro é definido, segundo o IBGE:

> "A partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam".

O Decreto-lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, que fixa as "Diretrizes e Bases para a Cartografia Brasileira", indica o estabelecimento de um Sistema planialtimétrico único, de pontos geodésicos, também chamados de pontos de controle, os quais devem ser materializados seguindo padrões estabelecidos pelo IBGE, com o objetivo de oferecer uma base sólida em trabalhos cartográficos, podendo assim, ser um referencial único na determinação de coordenadas em todo Brasil.

Métodos de posicionamento geodésico

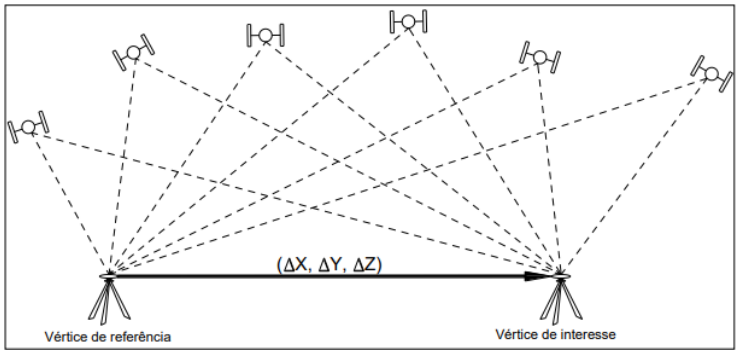
Posicionar um objeto significa determinar suas coordenadas em relação a um referencial específico. Para isso, essas coordenadas precisam ser determinadas utilizando algum tipo de informação, geralmente, os satélites. Os métodos de posicionamento GNSS, dividem-se em 2 categoriais: absoluto e relativo.

O método de Posicionamento Absoluto é o método mais simples aplicado pelos usuários GNSS e é também denominado por alguns autores de posicionamento por ponto. Ele caracteriza-se pela adoção de apenas um receptor GNSS para a determinação das coordenadas de um ponto sobre a superfície terrestre, utilizando efemérides transmitidas, referidas ao sistema de referência vinculado ao sistema de posicionamento por satélites (KRUEGER, HUINCA e MAIA, 2010).

Já no Posicionamento Relativo, segundo o INCRA (2013), as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Neste caso é necessário que dois ou mais receptores GNSS coletem dados, simultaneamente, onde ao menos um dos receptores ocupe um vértice de referência. A figura 2 mostra o esquema de

posicionamento relativo, onde tem-se um receptor instalado na base (vértice de referência), enquanto outro receptor, ocupa o ponto que se quer determinar a coordenada (vértice de interesse).

Figura 2 - Posicionamento Relativo



Fonte - INCRA (2013)

Estão contidos nesses dois tipos de posicionamento GNNS, as características cinemática e estática. Dessa forma, os posicionamentos GNSS podem ser do tipo, relativo estático, relativo cinemático, absoluto estático e absoluto cinemático.

A forma estática, como o próprio nome sugere, utiliza-se o receptor imóvel, ponto a ponto. No entanto, para o cinemático, trabalha-se com o aparelho receptor, em movimento, determinando trajetórias, em vez de resultados pontuais.

Posicionamento por ponto preciso

Esse método de levantamento GNSS, utiliza as observáveis pseudodistância e/ou fase da onda portadora, coletadas por receptores de dupla ou simples frequência, com efemérides e correções dos relógios dos satélites, de forma precisa, sendo empregado em atividades que exigem alta acurácia (MONICO, 2007).

O International GNSS Service (IGS) fornece numa base aberta de dados, produtos e serviços GNSS, auxiliando no suporte do referencial terrestre, posicionamento, navegação e etc.; Ele opera uma rede global de mais de 400 estações terrestres GNSS, centro de dados e de analise, fornecendo as efemérides de satélites GNSS, parâmetros de rotação da Terra, coordenadas e velocidades da estação de rastreamento global, informação do relógio de satélite e de rastreio, estimativas de atraso do caminho troposférico e mapas globais da ionosfera. Dessa forma, o IGS fornece 3 tipos de efemérides e correções do relógio: IGU, IGR e IGS.

Os produtos da IGU tratam-se de orbitas ultrarrápidas, onde uma parte desse resultado foi resolvido com base em dados observáveis, e a outra predita. As orbitas ultrarrápidas, são lançados 4 vezes durante o dia, a partir das 3 horas da manhã, e a cada 6 horas. O IGR consiste em orbitas rápidas, os quais são disponibilizados 17 horas após o levantamento. Já o resultado da IGS, diz respeito a orbita final, fica acessível 13 dias após o rastreio e possui a melhor precisão entre os 3 produtos que podem ser obtidos, sendo a acurácia melhor que 5 cm em posição e 0,1ns para as correções dos relógios dos satélites (MONICO, 2007).

Segundo o manual do usuário para o aplicativo online IBGE-PPP (2017), não existe tempo mínimo para um levantamento GNSS. No entanto, a qualidade do resultado é diretamente proporcional ao tempo de rastreio. Essa precisão, está extremamente ligada com a resolução das ambiguidades, a qual tem alta correlação com o tempo de rastreio do ponto, tipo do equipamento, entre outras coisas.

Serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE-PPP)

O Serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE-PPP) é fruto de uma parceria entre a Coordenação de Geodésia do IBGE e a Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canadá (NRCAN). O IBGE-PPP, representa um serviço gratuito e online, de pós-processamento de dados GNSS, que utiliza o software CSRS-PPP, possibilitando a obtenção das coordenadas de precisão, referenciadas ao SIRGAS 2000 e International Terrestrial Reference Frame - ITRF (IBGE, 2017).

É possível utilizar dados coletados por receptores de uma ou dupla frequência, de forma estática ou cinemática.

Nos resultados de levantamentos, utilizado o método PPP com tempo de rastreio curto, são considerados pelo aplicativo IBGE-PPP, apenas as observações da pseudodistância, fornecendo precisão métrica. Enquanto isso, para períodos mais longos, será utilizado a fase da onda portadora para resolver as ambiguidades, acarretando em uma precisão centrimétrica.

Este serviço, também utiliza a correção de orbitas, relógios e centro de fase das antenas, modelo de carga oceânica (FES2004), velocidade (VEMOS2009), pressão, temperatura, umidade, ondulação geoidal (MAPGEO2015), parâmetros de transformação ITRF/SIRGAS2000, entre outros.

De acordo com o manual do usuário, relacionado com o serviço IBGE-PPP (2017), se

o rastreio das observações GNSS foi realizado dentro do território brasileiro, as órbitas a serem utilizadas pelo IBGE-PPP serão aquelas disponibilizadas pelo NRCAN, com os parâmetros mostrados na tabela 1. Já se o rastreio das observações GNSS foi realizado fora do território brasileiro, as órbitas a serem utilizadas pelo IBGE-PPP serão aquelas disponibilizadas pelo IGS, conforme a tabela 2.

Tabela 1 - Disponibilidade dos Produtos NRCAN

PRODUTO NRCAN				
ÓRBITAS/ INTERVALO	RELÓGIOS/ INTERVALO	CONSTELAÇÃO	QUANDO O IBGE-PPP IRÁ UTILIZAR?	PRECISÃO DA ÓRBITA
Ultra-Rápida (EMU) 15 minutos	EMU 30 segundos	GPS e GLONASS (3h)	a partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreio até a disponibilidade das órbitas EMR	± 15 cm
Rápida (EMR) 15 minutos	EMR 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 12-36 horas após o fim do rastreio até a disponibilidade das órbitas EMF	± 5 cm
Final (EMF) 15 minutos	EMF 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 11-17 dias após o fim do rastreio	± 2 cm

Fonte: Manual do usuário para aplicativo online IBGE-PPP (2017)

Tabela 2 - Disponibilidade dos Produtos IGS (continua)

PRODUTO IGS				
ÓRBITAS/ INTERVALO	RELÓGIOS/ INTERVALO	CONSTELAÇÃO	QUANDO O IBGE-PPP IRÁ UTILIZAR?	PRECISÃO DA ÓRBITA
Rápida (IGR) 15 minutos	IGR 5 minutos	GPS	a partir de 17-41 horas após o fim do rastreio até a disponibilidade das órbitas IGS	± 2,5 cm
Final (IGS) 15 minutos	IGS 5 minutos	GPS	a partir de 12-18 dias após o fim do rastreio	± 2,5 cm

Fonte: Manual do usuário para aplicativo online IBGE-PPP (2017)

Classificação dos métodos de levantamento geodésicos

Segundo a Resolução PR nº 22, de 21/07/83, os levantamentos geodésicos são realizados segundo especificações e normas que visam a unificação pretendida, para o Sistema Geodésico. Tradicionalmente, os levantamentos são classificados em função da qualidade das observações, o que acarreta no grau de confiabilidade dos resultados finais. A terminologia clássica de primeira, segunda e terceira ordem foi mantida, em parte, no estabelecimento destas especificações, equivalente à nomenclatura que modernamente começa a se impor, por seu caráter mais representativo à luz da teoria do ajustamento de observações geodésicas. As três classes enumeram-se:

- Levantamentos Geodésicos de Alta Precisão
- Levantamento Geodésicos de Precisão
- Levantamento Geodésicos para fins Topográficos

De acordo com a Resolução PR nº 22/83, nesta classificação dos levantamentos geodésicos, é levado em consideração os níveis de mapeamento nacional, regional e local. Desta forma, estabelece-se uma ligação bastante rígida entre a exatidão das coordenadas finais e a finalidade do levantamento.

Os levantamentos de alta precisão, que são de âmbito nacional, subdividem-se, de acordo com os fins aos quais se destinam em: científico e fundamental. O científico está relacionado aos programas de pesquisas internacionais, enquanto o fundamental resulta nos pontos de apoio, que servirão como base em trabalhos cartográficos e de menor precisão que o anterior (IBGE – Resolução PR nº 22, de 21/07/83).

Segundo o IBGE, os levantamentos em âmbito regional, que são os classificados como de precisão, condicionam-se ao grau de desenvolvimento socioeconômico. Por exemplo, será necessária uma melhor precisão nos resultados diretamente relacionados com solos mais valiosos e vice-versa.

Os levantamentos geodésicos para fins topográficos, de características locais, dirigem-se ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico.

As tabelas 3 e 4, resumem as características gerais e planimétricas em relação as classificações dos levantamentos geodésicos de acordo com as “Especificações e Normas para

Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro", Resolução PR nº 22/83 do IBGE:

Tabela 3 - Caracteristicas gerais por tipo de classificação de levantamentos geodesicos

LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS					
DE ALTA PRECISÃO ÂMBITO NACIONAL			DE PRECISÃO ÂMBITO REGIONAL		PARA FINS TOPOGRÁFICOS
	CIENTÍFICO	FUNDAMENTAL	PARA ÁREAS MAIS DESENVOLVIDAS	PARA ÁREAS MENOS DESENVOLVIDAS	LOCAL
FINALIDADE	Dirigido ao atendimento de programas internacionais, de cunho científico, segundo normas específicas, acordadas caso a caso. Sua realização deverá se dar sem prejuízo do fundamental, que terá precedência de utilização.	Pontos básicos para amarrações e controle de trabalhos geodésicos e cartográficos, desenvolvido segundo especificações internacionais, constituindo o sistema único de referência	Dirigido ao atendimento das necessidades de uma região onde se desenvolvem atividades humanas intensas e, em consequência, existe uma valorização elevada do solo.	Dirigido às áreas remotas ou àquelas em que não se justifiquem investimentos imediatos e, sempre, em função da inexistência ou impossibilidade de se desenvolver levantamentos geodésicos de alta precisão.	Dirigido ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico, prevalecendo os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra.

Fonte: IBGE

Tabela 4 - Caracteristicas planimétricas por tipo de classificação de levantamentos geodesicos

PLANIMETRIA					
EXATIDÃO	Conforme as aplicações, sendo julgada caso a caso, mas devendo ser o erro padrão relativo de quaisquer duas estações melhor que 1:500.000 após o ajustamento	Melhor que 1:100.000	Melhor que 1:50.000	Melhor que 1:20.000	Melhor que 1:5.000
DESENVOLVIMENTO	A estrutura será desenvolvida caso a caso, de acordo com as finalidades de cada projeto.	Arcos de meridianos e paralelos espaçados de 1 a estações com espaçamento desejável de 15 km e no máximo de 25 km.	Em função da área a ser atendida, com estações espaçadas de 10 a 20 km.	Em função da área a ser atendida, com estações espaçadas de 10 a 20 km.	Em função dos objetivos específicos a serem atingidos, com estações afastadas entre 5 a 10 km.
EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO	Pesquisas sobre a deriva continental; conexões de Sistemas Geodésicos; estudos e definição dos parâmetros para Sistemas Geodésicos.	Elaboração de cartas gerais; apoio e controle das obras de engenharia e estudos científicos em geral.	Elaboração de cartas gerais; controle e locação de projetos de engenharia.	Elaboração de cartas gerais; controle e locação de obras de engenharia.	Levantamentos e parcelamentos de áreas de pequeno valor; pequenas obras locais; elaboração de cartas gerais.

Fonte: IBGE

2.1.2 Levantamento topográfico

Etimologicamente, a palavra “Topografia”, vem do grego *“Topos”+”Graphen”*, que significam “lugar” e “descrição”, respectivamente. Dessa forma, o termo Topografia pode ser entendido como, as técnicas para se descrever um lugar. Assim, a Topografia pode ser considera como parte da Geodésia.

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.

As medições podem ser executadas utilizando-se instrumentos mais modernos, como as estações totais e níveis digitais, bem como instrumentos mais simplificados como os níveis óticos e os teodolitos. Este último, não possibilita obter medidas de distancias, sendo necessário medições com trena, acarretando um grau de precisão mais baixo.

Métodos de levantamento topográfico

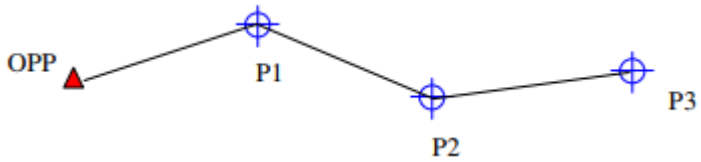
Poligonação

Segundo Veiga, Zanetti e Faggion (2012), o método de poligonação, é um dos métodos mais empregados na Topografia, quando se pretende determinar coordenadas de pontos de apoio planimétricos. Os autores definem uma poligonal como sendo “uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo”.

As poligonais podem ser classificadas em: aberta, fechada ou enquadrada (apoiada). Os 3 tipos de poligonais são definidos a seguir:

Poligonal aberta: inicia de dois pontos de coordenadas conhecidas, terminando em um ponto de coordenadas desconhecidas, ou seja, que se deseja determinar a coordenada. Nem matematicamente, nem geometricamente fechada, não sendo possível calcular erro de fechamento linear ou angular. Figura 3, ilustra esse tipo de poligonal:

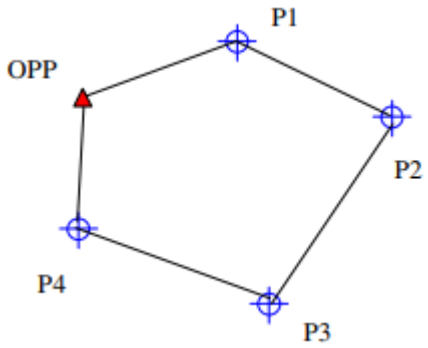
Figura 3 - Poligonal aberta



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Poligonal fechada: realizada em forma de ciclo, parte de dois pontos de coordenadas conhecidas e retorna ao ponto inicial, como pode ser visto através da figura 4. É considerada, geométrica e matematicamente fechada, permitindo a verificação de erro linear e angular.

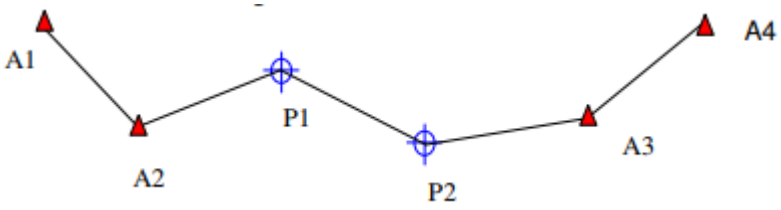
Figura 4 - Poligonal fechada



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Poligonal enquadrada: parte de dois pontos de coordenadas conhecidas e acaba, também, em dois pontos de coordenadas conhecidas, porém, diferentes dos dois primeiros. Esse tipo de poligonal, é geometricamente aberta, mas matematicamente fechada, possibilitando calcular o erro de fechamento angular e linear. A figura 5, mostra um esquema de poligonal enquadrada:

Figura 5 - Poligonal enquadrada



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Nivelamento

De acordo com a NBR 13133/1994, o levantamento topográfico altimétrico ou nivelamento é definido por:

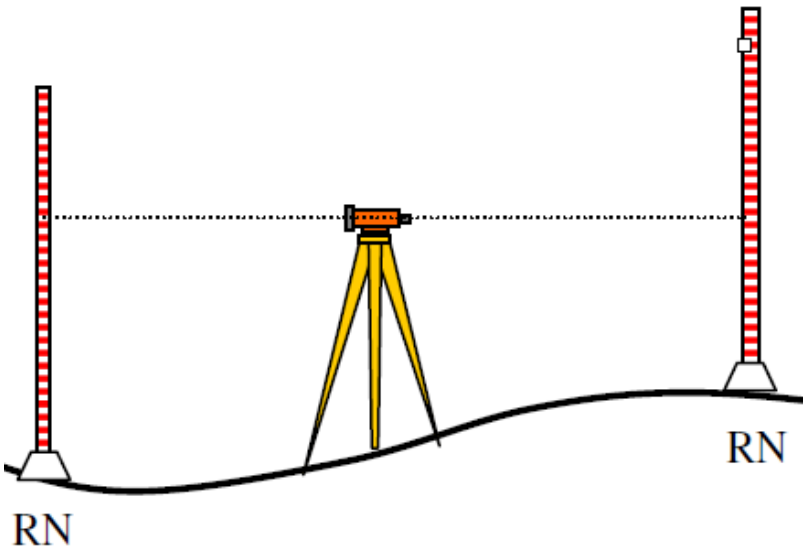
> "Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhe, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando a representação altimétrica da superfície levantada."

Esta norma, também descreve o nivelamento geométrico como sendo:

> "Nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos no terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos."

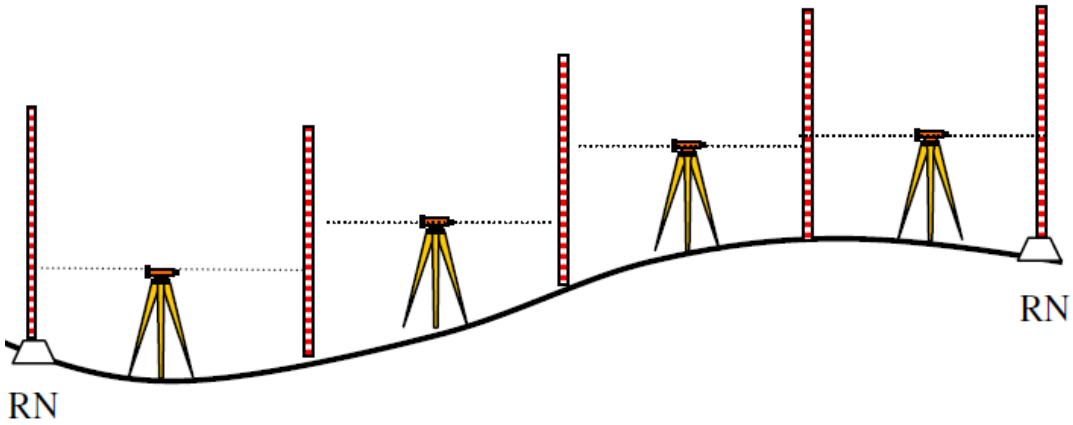
O nivelamento geométrico pode ser simples ou composto, como pode ser visto nas figuras 6 e 7. No primeiro caso o desnível entre os pontos de interesse é determinado com apenas uma única instalação do equipamento, ou seja, um único lance. No nivelamento geométrico composto, o desnível entre os pontos será determinado a partir de vários lances, sendo o desnível final calculado pela somatória dos desníveis de cada lance (VEIGA, ZANETTI E FAGGION, 2012).

Figura 6 - Esquema do método de Nivelamento Geométrico Simples



Fonte - Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Figura 7 - Esquema do método de Nivelamento Geométrico Composto



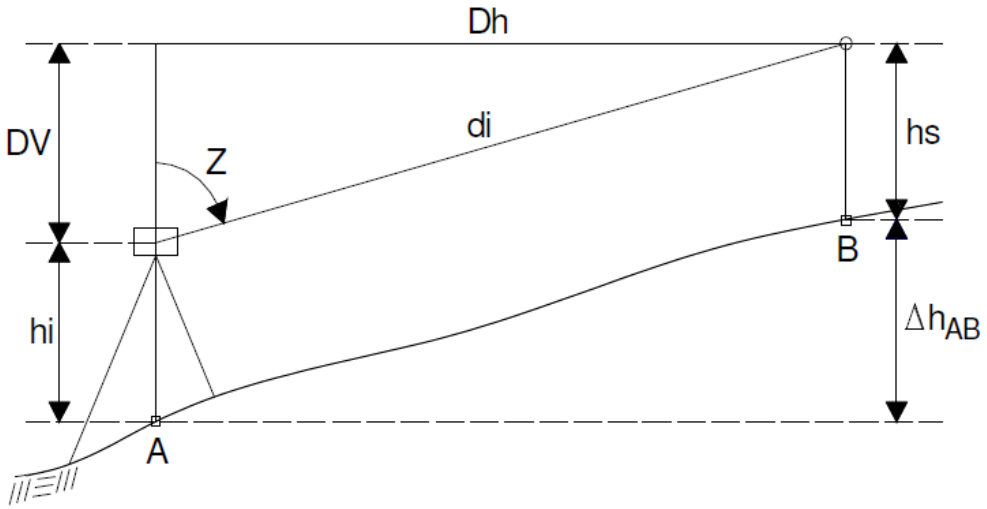
Fonte - Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Já o nivelamento trigonométrico aparece na NBR 13133/94, como sendo:

> "Nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos no terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado."

A figura 8, mostra o esquema de um nivelamento trigonométrico:

Figura 8 - Esquema do método de Nivelamento Trigonométrico

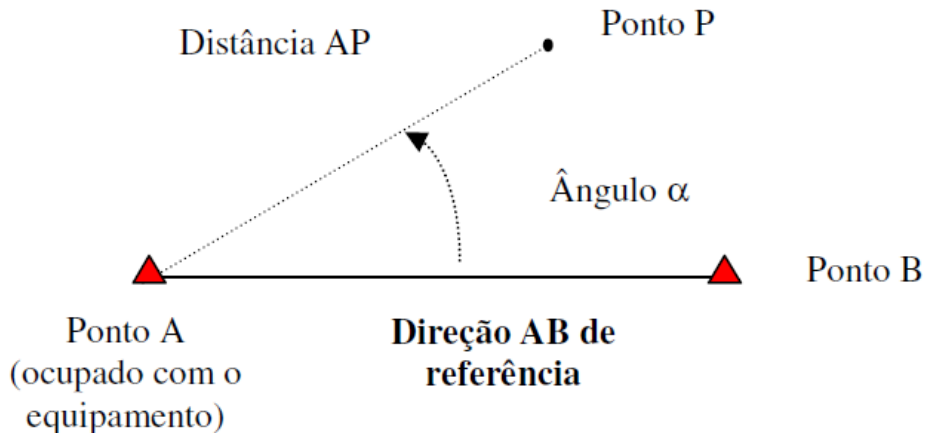


Fonte - Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Irradiação

De acordo com Veiga, Zanetti e Faggion (2012), este método consiste em, a partir de uma linha de referência conhecida, medir um ângulo e uma distância. Neste método o equipamento fica instalado em um ponto e realiza-se visadas nos elementos de interesse, medindo direções e distâncias para cada elemento que se deseja representar. Na figura 9, é representado o princípio de funcionamento deste método.

Figura 9 - Esquema do método de Irradiação



Fonte - Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Classificação dos métodos de levantamento topográfico

Poligonal

A classificação dos levantamentos topográficos para poligonais planimétricas, que segundo a NBR 13133 são 5, definem-se da seguinte maneira:

a) Classe IP - Adensamento da rede geodésica - (transporte de coordenadas);

b) Classe IIP - Apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia;

c) Classe IIIP - Adensamento do apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia;

d) Classe IVP - Adensamento do apoio topográfico para poligonais IIIP.

Levantamentos topográficos para estudos de viabilidade em projetos de engenharia;

e) Classe VP - Levantamentos topográficos para estudos expeditos.

Nivelamento

Quatro classes de nivelamento de linhas ou circuitos e de seções, abrangendo métodos de medição, aparelhagem, desenvolvimentos e tolerâncias de fechamento, segundo a NBR 13133/94, estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação de nivelamento de linhas circuitos ou seções (continua)

CLASSE	METODOLOGIA	DESENVOLVIMENTO					TOLERÂNCIAS DE FECHAMENTO
		LINHA SEÇÃO	EXTENSÃO MÁXIMA	LANCE MÁXIMO	LANCE MÍNIMO	Nº MÁXIMO DE LANCES	
IN GEO.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas equidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		12 mm √k
IIN GEO.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		20 mm √k
IIIN TRIG.	Nivelamento trigonométrico a ser realizado através de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância - MED - classe 1, leituras recíprocas (vante e ré) em uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolito classe 2 ou estação total classe 2.	Princ. Sec.	10 km 5 km	500 m 300 m	40 m 30 m	40 20	0,15 m √k 0,20 m √k

Tabela 5 – Classificação de nivelamento de linhas circuitos ou seções (conclusão)

VN TAQUI.	Nivelamento taqueométrico a ser realizado através de leitura dos três fios sobre miras centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura vante e ré, leitura do ângulo vertical simples, com correção de PZ ou de índice obtida no início e no fim da jornada de trabalho, por leituras conjugadas, direta e inversa, com teodolito classe 1.	Princ. Sec.	5 km 2 km	150 m 150 m	30 m 30 m	40 20	0,30 m √k 0,40 m √k

Fonte - NBR 13133/1994

Classificação dos instrumentos de medição

Segundo a NBR 13133/1994, os equipamentos (estações totais, níveis e teodolitos) são classificados, em relação a sua precisão, de acordo com as tabelas 6, 7 e 8:

Tabela 6 - Classificações de Estações Totais

Classes de estações totais	Desvio-padrão Precisão angular	Desvio-padrão Precisão linear
1 - precisão baixa	≤ ± 30"	± (5mm + 10 ppm x D)
2 - precisão média	≤ ± 07"	± (5mm + 05 ppm x D)
3 - precisão alta	≤ ± 02"	± (5mm + 03 ppm x D)

Fonte: NBR 13133/1994

Tabela 7 - Classificações de Teodolitos

Classes de teodolitos	Desvio-padrão Precisão angular
1- precisão baixa	≤ ± 30"
2- precisão média	≤ ± 07"
3- precisão alta	≤ ± 02"

Fonte: NBR 13133/1994

Tabela 8 - Classificações de Níveis

Classes de níveis	Desvio-padrão
1- precisão baixa	> ± 10 mm/Km
2- precisão média	≤ ± 10 mm/Km
3- precisão alta	≤ ± 03 mm/Km
3- precisão muito alta	≤ ± 01 mm/Km

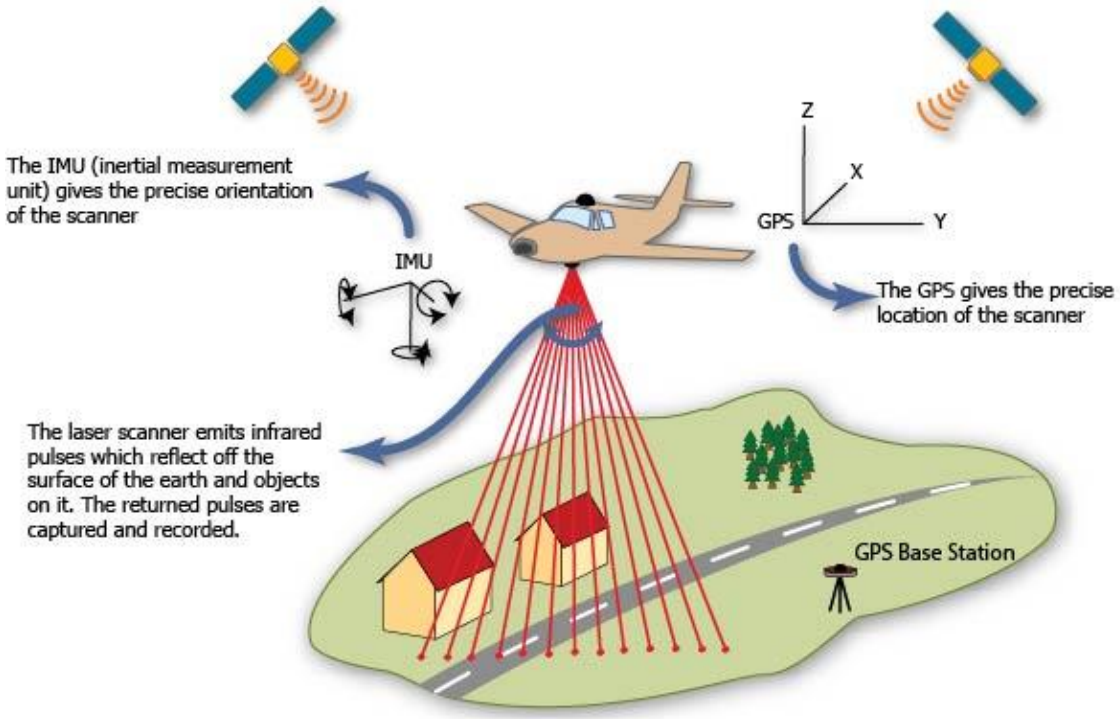
Fonte: NBR 13133/1994

2.1.3 Laser scanner/Perfilamento a laser

O sistema de laser scanner (varredura a laser) aerotransportado, também conhecido como LiDAR (Light Detection And Ranging), consiste em um sistema de sensoriamento remoto ativo, que permite a determinação de coordenadas tridimensionais (X, Y, Z) de pontos na superfície terrestre. Sua metodologia baseia-se na emissão de um pulso de laser (feixe infravermelho), o qual é disparado da direção da superfície. Ao atingir o alvo, uma parte do sinal emitido é refletido para o sensor, e com isso, o aparelho mede a intensidade do sinal e o tempo decorrido entre a emissão e o retorno do sinal, permitindo ao sistema realizar o cálculo da distância sensor-objeto, levando em consideração que o pulso laser se propaga com a velocidade da luz (BALTSAVIAS, 1999).

Baseado na distância sensor-objeto calculada, a orientação do sensor no instante da emissão/registro do pulso e a posição da aeronave, é determinada a posição tridimensional do local onde o pulso foi refletido (CENTENO & MITISHITA, 2007). A figura 10, apresenta o princípio de funcionamento do Laser Scanner.

Figura 10 - Principio de funcionamento do LiDAR



Fonte: Warburton (2018)

A posição do sensor no momento da emissão/captação de cada pulso é determinada por meio um sistema de GPS diferencial (DGPS), com função de obter a posição (X, Y, Z) do sensor no espaço em intervalos fixos. Já o sistema, chamado de unidade de medição inercial (IMU), é encarregado de calcular os ângulos de atitude ω, φ, κ do sensor em torno dos eixos X, Y, Z determinados anteriormente pelo sistema DGPS (CENTENO, 2003).

Os dados do IMU e DGPS são medidos e armazenados simultaneamente à medição da distância pelo sistema laser, ou seja, existir um sincronismo entre IMU, GPS e o pulso laser é condição básica funcionamento do sistema LiDAR (DALMOLIN & SANTOS, 2004).

A determinação da distância pode ser efetuada com precisão menor a 10 centímetros, porém a precisão na determinação da posição do ponto, depende do desempenho dos sistemas de apoio (IMU e DGPS). Geralmente, a precisão planimétrica é obtida na ordem de 50 centímetros, enquanto a precisão altimétrica alcançada, é cerca de 10 a 15 centímetros (CENTENO & MITISHITA, 2007).

Porém, segundo Crombaghs (2000), há vários de fatores, os quais influenciam na qualidade da informação altimétrica fornecida pelo LiDAR, tais como: o material da superfície, altitude do sensor, ângulo de incidência dos feixes, qualidade dos dados GPS/IMU, entre outros.

Alguns sistemas podem medir diferentes retornos do sinal emitido, refletido por diferentes alvos dentro da projeção do feixe no terreno (*footprint*). É possível medir o primeiro e o último retorno do pulso (*first/last pulse*), ou até pode-se medir toda a variação do retorno, se for necessário (CENTENO & MITISHITA, 2007).

Dessa forma, o mapeamento utilizando laser scanner, permite a coleta de dados espaciais, tanto da topografia do terreno, como das estruturas verticais presentes na superfície. Assim, com estes dados é possível gerar Modelos Digitais de Terreno - MDT e Modelos Digitais de Elevação – MDE.

Quando se trata dos dados gerados por feixes que alcançaram o terreno fala-se em MDT (Modelo Digital do Terreno). Já, quando se refere a um modelo, que leva em consideração as estruturas verticais superpostas ao terreno, trata-se de um MDE.

O sistema LiDAR tem sido cada vez mais usado em levantamentos terrestres, devido às suas vantagens como: alta velocidade de coleta e processamento dos dados; alta densidade de pontos e acurácia homogênea dos pontos medidos (TOMMASELLI, 2003).

Fonseca et al. (2014), mostra a utilização de dados de laser scanner aplicados ao cadastro 3D. Zanardi et al. (2013), trabalha na validação da qualidade do perfilhamento a laser aerotransportado e concluem que a técnica utilizada se mostrou adequada para a obtenção de dados altimétricos em áreas urbanas, de acordo com a precisão estabelecida.

Centeno e Bähr (2008), abordam sobre a utilização de sistema de varredura a laser como opção para coleta de dados para o cadastro técnico multifinalitário.

Segundo Centeno, Daros e Garzón (2016), que usam uma metodologia para detecção e extração de edifícios baseado em dados obtidos de Laser Scanner aerotransportado como MDT, uma das principais preocupações presentes nos trabalhos do cadastro territorial é a descrição dos objetos presentes nas áreas urbanas.

Apesar dos primeiros trabalhos referentes a esses levantamentos terem sido realizados através da topografia, novas tecnologias foram surgindo e consequentemente modernizando essas atividades. Seguindo uma análise temporal, passamos pelo uso de imagens aéreas e chegamos as mais recentes técnicas modernas, como o sistema de varredura a laser aerotransportado, conhecido como LiDAR.

Destaca-se na literatura nacional, no que se refere ao uso de LiDAR em ambientes urbanos encontram-se trabalhos, estudos como Miqueles e Centeno (2005), Karsenty et al. (2007), Centeno e Mitishita (2007), Centeno et al. (2009) ou Yano et al. (2013), que descrevem alternativas para a detecção de prédios em cidades brasileiras.

Dados gerados a partir do laser scanner

Modelo digital de elevação

Segundo Matos (2005), um modelo digital deve utilizar valores de elevação e de posição compatíveis em número e distribuição com a precisão que se deseja para o terreno que está sendo modelado. Assim a elevação de qualquer ponto pode ser interpolada dentro do limite da resolução que se deseja.

Portanto, uma amostragem não deve ser insuficiente (subamostrada), porém, também não deve ser redundante (superamostrada). A subamostragem, (falta de informação), gera modelos pobres com tendência de suavizar o terreno. Já a superamostragem (excesso de informações), sobrecarrega o sistema, acarretando uso excessivo de memória, tornando o processamento, oneroso.

Os processos de interpolação empregados geralmente, são os locais, quando se considera uma vizinhança limitada, ou globais, quando a vizinhança sendo considerada é ilimitada. A escolha da função de interpolação é decisiva para se obter uma boa precisão para o modelo (GALVANI & DAL PAZ, 2013).

Experimentos (Botelho, Schoeninger e Centeno, 2005) comprovam que a escolha do interpolador é, neste caso, determinante.

Os requisitos desejáveis para uma função interpoladora são que esta gere uma superfície contínua, o tempo computacional não seja proibitivo e tenha propriedades matemáticas de interesse para a aplicação (GALVANI & DAL PAZ, 2013).

Existem diversos métodos de interpolação que podem ser utilizados para a densificação de um MDE, como por exemplo: vizinho mais próximo, splines, elementos finitos, krigagem e mínimos quadrados (SHEIMY, 1999).

Botelho (2007), analisa os interpoladores krigagem, vizinho mais próximo e moda, em

áreas urbanas, para definição de bordas das edificações e conclui que o melhor interpolador para o caso da geração de um MDS, é o da moda, por se aproximar melhor, em relação aos outros dois interpoladores, com os dados originais do laser scanner.

Muitos algoritmos de interpolação foram criados para serem usados em levantamentos esparsos e pouco densos. O conjunto de dados laser scanner, pelo contrário, é caracterizado por uma alta densidade, motivo pelo qual existe pouca necessidade de interpolar valores. As interpolações, ao contrário da sua função, podem degradar os dados, suavizando as bordas dos objetos presentes em um MDS. Dessa forma, existem duas situações nas quais é necessário interpolar dados: em regiões de "sombra" ou oclusão, causadas pelo ângulo de visada do sensor. Isto geralmente ocorre devido à baixa altura de voo e a presença de objetos altos, algo muito comum em áreas urbanas. A outra situação é quando a o levantamento foi efetuado com espaçamento muito maior do que a resolução da grade pretendida (CENTENO & MITISHITA, 2007).

Modelo digital de terreno

Nos Modelos Digitais de Terreno todas as estruturas verticais são removidas através de algoritmos de classificação, necessitando, posteriormente, do processo de interpolação. A acurácia do MDT é fortemente influenciada pela classificação adequada dos pontos e pelo percentual de pontos que atingem a superfície do terreno.

Estudos como Botelho (2007), mostram o método de interpolação Krigagem como sendo, o que melhor se ajusta ao MDT, possuindo menor desvio padrão entre os interpoladores de Regressão Polinomial com grau 1, Triangulação com interpolação linear, Inverso do Quadrado da Distância, Krigagem, Vizinho mais próximo e Mínima Curvatura.

Modelo digital de altura (superfície normalizada)

Após a interpolação das grades do MDT e do MDS, uma terceira grade pode ser derivada, calculando a diferença entre o MDS e o MDT. Trata-se, neste caso, de uma grade que contém apenas os objetos acima do terreno, possibilitando, portanto, obter a altura das edificações. Esta grade é conhecida como modelo digital de superfície normalizado ou MDSn (Weidner e Förstner, 1995).

2.1.4. Controle geométrico dos limites cadastrais

Um sistema cadastral tem por finalidade a determinação de informações geométricas, ou seja, localizações e dimensões, de unidades territoriais que delimitam um domínio (BRANDÃO, 2003).

A geometria da parcela é definida através da determinação das coordenadas dos vértices que compõem seus limites. Dessa forma, Brandão (2003), apresenta a necessidade da aplicação de padrões de qualidade posicional no levantamento cadastral para:

a) Garantir a inequívoca caracterização espacial das parcelas territoriais, assegurando que o tamanho e forma atual da parcela sobre o terreno sejam à mesma daquela representada pelo levantamento;
b) Controlar as precisões com que as posições dos pontos de limites da parcela são fixadas em relação a cada outro, em relação aos pontos que foram usados como testemunhas, bem como em relação aos pontos da rede de referência;
c) Facilitar o eficiente restabelecimento e reintegração das posições de pontos de limites de parcelas.

Estudos como, Moraes (2001), Brandão (2003), Gama et al. (2012), e Barros & Carneiro (2013), mostram a importância do controle geométrico de limites cadastrais, pois o mesmo, permite que se tenha uma maior fidelidade na representação geométrica da parcela territorial.

Podem-se utilizar os resultados de limites das parcelas cadastrais, extraídos através dos levantamentos topográficos/geodésicos, também para controle geométrico dos limites, por meio de comparação com as informações obtidas por outras técnicas, como por exemplo, RPA’s (Aeronave Remotamente Pilotada), LIDAR e etc.

Gama et al. (2015) considera como fundamental uma boa qualidade no levantamento geodésico/topográfico, visando a utilização eficaz dos dados levantados, para o cadastro. Os levantamentos servirão como base para se obter dados como, pontos de referências (pontos de apoio com coordenadas conhecidas), de limites ou de detalhes.

Segundo os mesmos autores, esses tipos de levantamento podem ser utilizados no controle de qualidade geométrica para a homogeneização de parcelas territoriais urbanas, empregando o Princípio da Vizinhança Geodésica.

Lara e Neris (2017) exemplificam a utilização dos levantamentos geodésicos/topográficos, no controle geométrico de uma carta cadastral obtida usando VANT (Veiculo Aéreo Não Tripulado), onde comparou-se os dados contidos na planta cadastral em relação aos pontos coletados em campo (pontos de testada de lotes, pontos de face de quadra e etc.), por meio de um levantamento GNSS, conforme o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC).

2.2 TEORIA DOS ERROS

Todas as medições topográficas sejam elas ângulos, distâncias ou desníveis, estão associadas a erros; esses erros são ocasionados pelo observador, pelos instrumentos utilizados no processo ou por condições externas do ambiente natural.

Tendo em vista essa afirmação, procura-se identificar e eliminar a maioria das causas dos erros; mas, infelizmente, não é possível a extinção total deles, sendo necessária a busca por um valor mais provável da grandeza, advindos das observações realizadas, utilizando-se de métodos estatísticos.

A teoria dos erros tem por finalidade estabelecer um método seguro e conveniente, segundo o qual sempre se possa estabelecer o valor mais aceitável de uma grandeza, uma vez que se reconhece ser impossível tornar as medidas isentas de erros. Além disso, a teoria dos erros se preocupa em determinar o erro mais “tranquilizador” que se pode cometer a respeito do valor de uma determinada grandeza que se mede (CORRÊA, 2016).

2.2.1 Classificação dos erros

Erros grosseiros

São erros ocasionados devido a falta de atenção ou pouco treino do operador e geralmente são fáceis de detectar e liminar (CABRAL, 2004).

Erros sistemáticos

Já os sistemáticos são os erros que afetam os resultados sempre no mesmo sentido e podem ser compensados ou corrigidos (CABRAL,2004).

Erros aleatórios

São, em geral, as discrepâncias remanescentes nas observações, depois que todos os

erros grosseiros e sistemáticos forem eliminados ou minimizados (MONICO, 2008).

2.2.2 Precisão e acurácia

São conceitos importantes e fundamentais na detecção de possíveis erros que podem estarem sendo cometidos dando uma falsa impressão da realidade, ou seja, uma pequena discrepância entre medidas nem sempre representam resultados satisfatórios. Na figura 11, ilustra os conceitos de precisão e acurácia.

Figura 11 - Precisão x Acurácia

Fonte – Veiga, Cartolano e Saraiva (2014)

Precisão

Precisão pode ser entendida, como um parâmetro que expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média (MIKHAIL E ACKERMANN, 1976).

Acurácia

Mikhail e Ackermann (1976, p. 64) definem acurácia como sendo o grau de proximidade de uma estimativa com seu parâmetro (ou valor verdadeiro)

2.2.3 Definições matemáticas

A seguir serão apresentadas definições e equações que complementam o entendimento dos erros.

Média aritmética ($\bar{y}$): É chamado de valor mais provável de um processo de medição n vezes de uma determinada grandeza.

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} yi / \mathrm{n} \qquad (1)$$

Resíduo ou desvio (V): Caracterizasse pela diferença entre a média ($\bar{y}$) e o valor medido do conjunto de observações.

$$v_i = \bar{y} - yi \quad (2)$$

Esse resíduo ele cresce à medida que o valor medido do conjunto se afasta da média.

Desvio Padrão (σ): É o valor que aparece junto a média ($\bar{y}$) na sua composição, indicando o nível de confiabilidade de um determinado conjunto de observações.

$$\sigma = \sqrt{\Sigma V^2 / (n - 1)} \quad (3)$$

Variância (σ^2): Representa uma medida de dispersão estatística indicando a dispersão do conjunto de observações em relação ao valor mais provável.

$$\sigma^2 = \Sigma V^2 / (n - 1) \quad (4)$$

2.2.4 Método dos mínimos quadrados

O método dos Mínimos Quadrados (MMQ), é uma técnica matemática que objetiva alcançar o melhor ajuste para um conjunto de dados.

Segundo Cordini (2014), o Método dos Mínimos Quadrados é um adequado para ajustar qualquer tipo de medição e é altamente recomendado, para todos os procedimentos topográficos. O método reforça a condição que a soma dos quadrados dos resíduos é mínima, ou, se as medições forem ponderadas a soma dos produtos dos pesos das medidas multiplicadas pelos resíduos correspondente elevados ao quadrado, se minimiza. Esta condição, que se desenvolve a partir da distribuição normal de erros, proporciona os valores mais prováveis para as quantidades ajustadas.

Assim, a melhor estimativa de uma grandeza X é o valor que torna mínima a soma dos quadrados dos resíduos:

$$\sum_{i=1}^{n} v_i^2 = mín \quad (5)$$

Para o caso algumas observações possuírem um nível de confiança, diferente entre si, essa característica é incluída através de pesos P_i, conforme a equação abaixo:

$$\sum_{i=1}^{n} P_i v_i^2 = mín \quad (6)$$

2.3 PERNAMBUCO TRIDIMENSIONAL (PE3D)

O projeto PE3D surgiu após as enchentes que atingiram drasticamente municípios da Mata Sul do Estado de Pernambuco, entre 2010 e 2011, foram realizados serviços de mapeamento das áreas afetadas e da calha dos principais rios das bacias hidrográficas atingidas. Esse mapeamento, realizado por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), realizou uma varredura a laser do terreno que permitiu obter com rapidez e qualidade as informações altimétricas para elaboração dos projetos das barragens de controle de cheias, além de desenvolver sistema de prevenção e alerta de inundações para a bacia do rio Una.

Os serviços compreendem o recobrimento aerofotogramétrico e perfilamento a laser para as escalas de 1:5000 e 1:1000. Para os dados na escala de 1:5000, tem-se o recobrimento de todo o território pernambucano, por meio de fotografias aéreas, ortofotos, perfilamento a laser (precisão < 25 cm), MDT's, MDE's e Imagens de Intensidade Hipsométrica. No caso das informações na escala de 1:1000, serão gerados os mesmos materiais que para a escala de 1:5000 (perfilamento a laser com precisão < 10 cm), englobando 26 municípios, contidos numa área de 870 km².

Ao final do levantamento serão disponibilizados, com coordenadas planialtimétricas, aproximadamente, 75 bilhões de pontos, ou seja, uma densidade de 1 ponto a cada 1,3m² do território pernambucano. Todos os produtos apresentados estão referenciados no Sistema de Coordenadas Projetadas UTM SIRGAS 2000, nos fusos 24S ou 25S e poderão ser obtidos gratuitamente por qualquer estudante ou profissional.

A seguir temos as especificações para os produtos do PE3D, mostradas na tabela 9:

Tabela 9 - Referências dos produtos PE3D (continua)

Produto	Escala 1:5000		Escala 1:1000	
	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica
Ortofoto	50 cm	8 bits	12 cm	8 bits
MDE Ascii	-	-	-	-
MDE Raster	1 m	32 bits	50 cm	32 bits
MDT Ascii	-	-	-	-
MDT Raster	1 m	32 bits	50 cm	32 bits

Tabela 9 - Referências dos produtos PE3D (continua)

Composição	1 m	8 bits	50 cm	8 bits

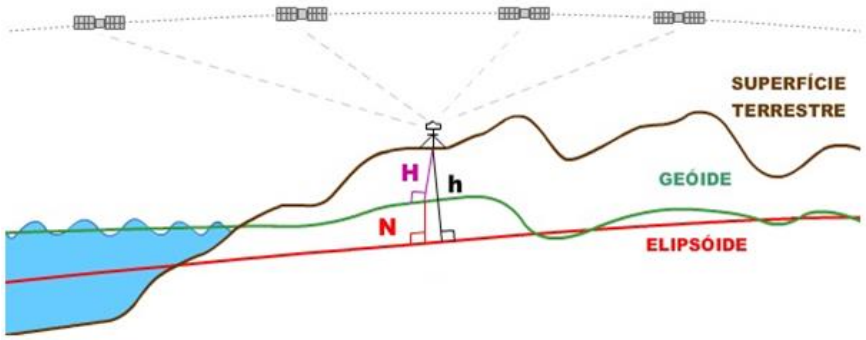
Fonte - Governo do Estado de Pernambuco (Pernambuco Tridimensional)

2.4 CONVERSÃO DE ALTITUDE GEOMÉTRICA PARA ORTOMÉTRICA

As altitudes obtidas por meio de técnicas de posicionamento GNSS e laser scanner, estão relacionadas a um elipsoide de referência, e é denominada de altitude geométrica. Enquanto, os dados obtidos por meio de nivelamento geométrico são referenciados ao geoide, ou seja, as altitudes ortométricas.

Freitas e Blitzkow (1999), definem altitude geométrica como a separação entre a superfície física e a superfície elipsoidal ao longo da normal. Também elucidam a altitude ortométrica como sendo a distância contada desde a superfície do geóide até o ponto na superfície física da Terra ao longo da linha vertical, conforme a figura 12.

Figura 12 - Altitudes geométrica e ortométrica



Fonte: IBGE

Diante disso, torna-se necessário conhecer as diferenças entre essas duas superfícies, diferença essa, conhecida como ondulação geoidal, para se efetuar conversões entre duas altitudes em questão. Sendo assim, deve-se buscar por modelos de ondulação geoidal que representem o território brasileiro com precisões cada vez melhores.

Atualmente existe o MAPGEO2015, que é um aplicativo criado em conjunto, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da Coordenação de Geodésia (CGED), e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, que assim como os modelos anteriores (MAPGEO2010, MAPGEO2004, MAPGEO92) fornece um modelo de ondulação geoidal para todo o território brasileiro.

De acordo com o IBGE, o novo modelo foi calculado com uma resolução de 5’ de arco, e o Sistema de Interpolação de Ondulações Geoidais foi atualizado. Os usuários podem obter a ondulação geoidal em um ponto ou conjunto de pontos, cujas coordenadas refiram-se ao SIRGAS2000 e compreendidas entre as latitudes de 6°N e 35°S e entre as longitudes de 75°W e 30°W, dentro do território brasileiro.

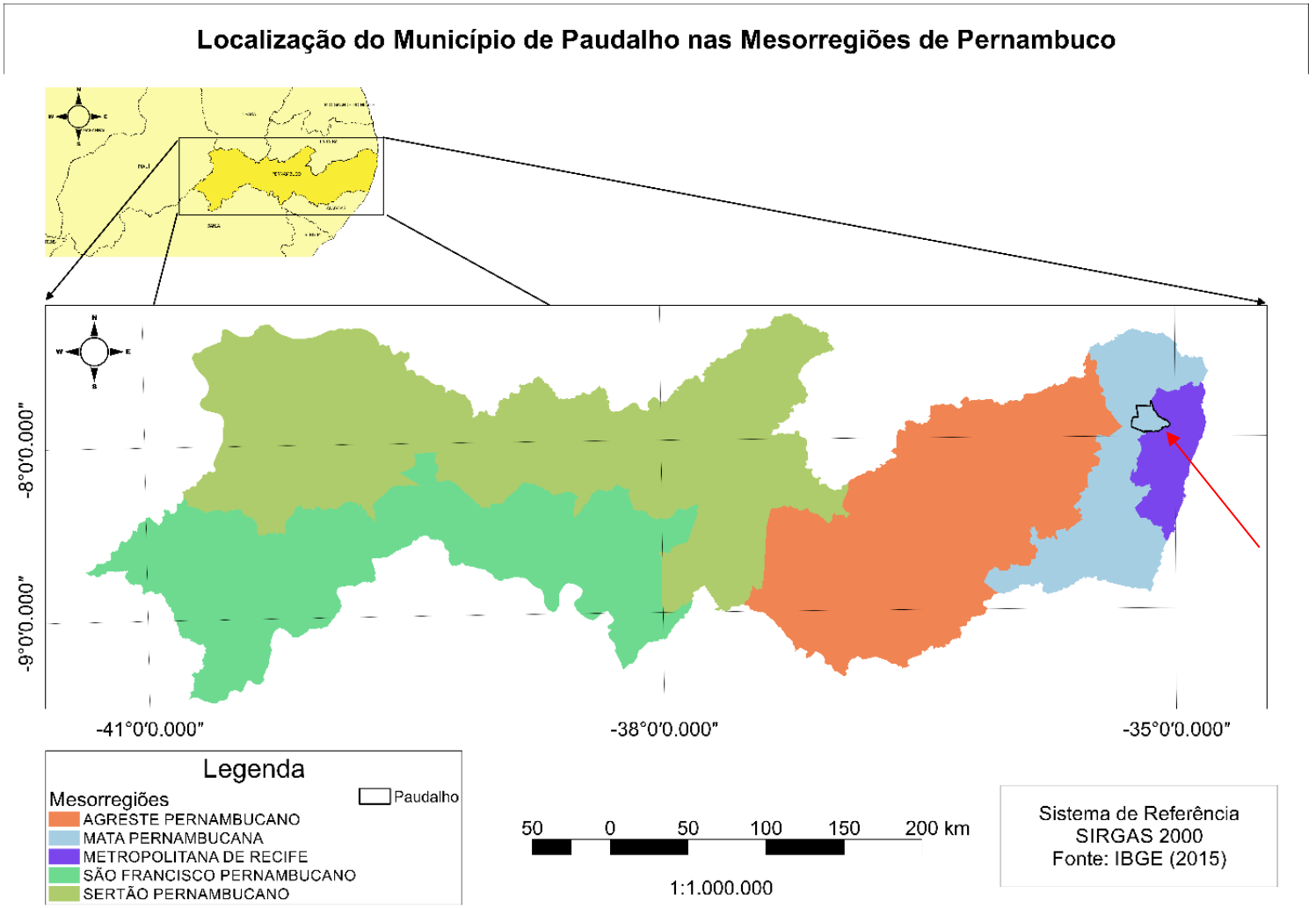
Para termos a conversão da altitude elipsoidal, convencionalmente representada pela letra “h”, em altitude ortométrica, também convencionalmente, representada por “H”, utiliza-se o valor da ondulação geoidal “N”, fornecida por um modelo de ondulação geoidal, por meio da expressão a seguir:

$$H = h - N \tag{7}$$

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Munícipio do Paudalho localiza-se na mesorregião da mata norte, no estado de Pernambuco. Segundo o censo do IBGE (2010), sua população era de 51357 habitantes, com uma estimativa de 56074 habitantes para o ano de 2018. Com uma área de 274,776 km² (IBGE, 2017), tem uma densidade demográfica de 185,06 habitantes por km². O índice de desenvolvimento humano (IDH) e o PIB per capita, da municipalidade em questão, são de 0,639 e 12239,71 (R$), respectivamente. A figura 13, mostra a localização do município de Paudalho, nas mesorregiões do estado de Pernambuco.

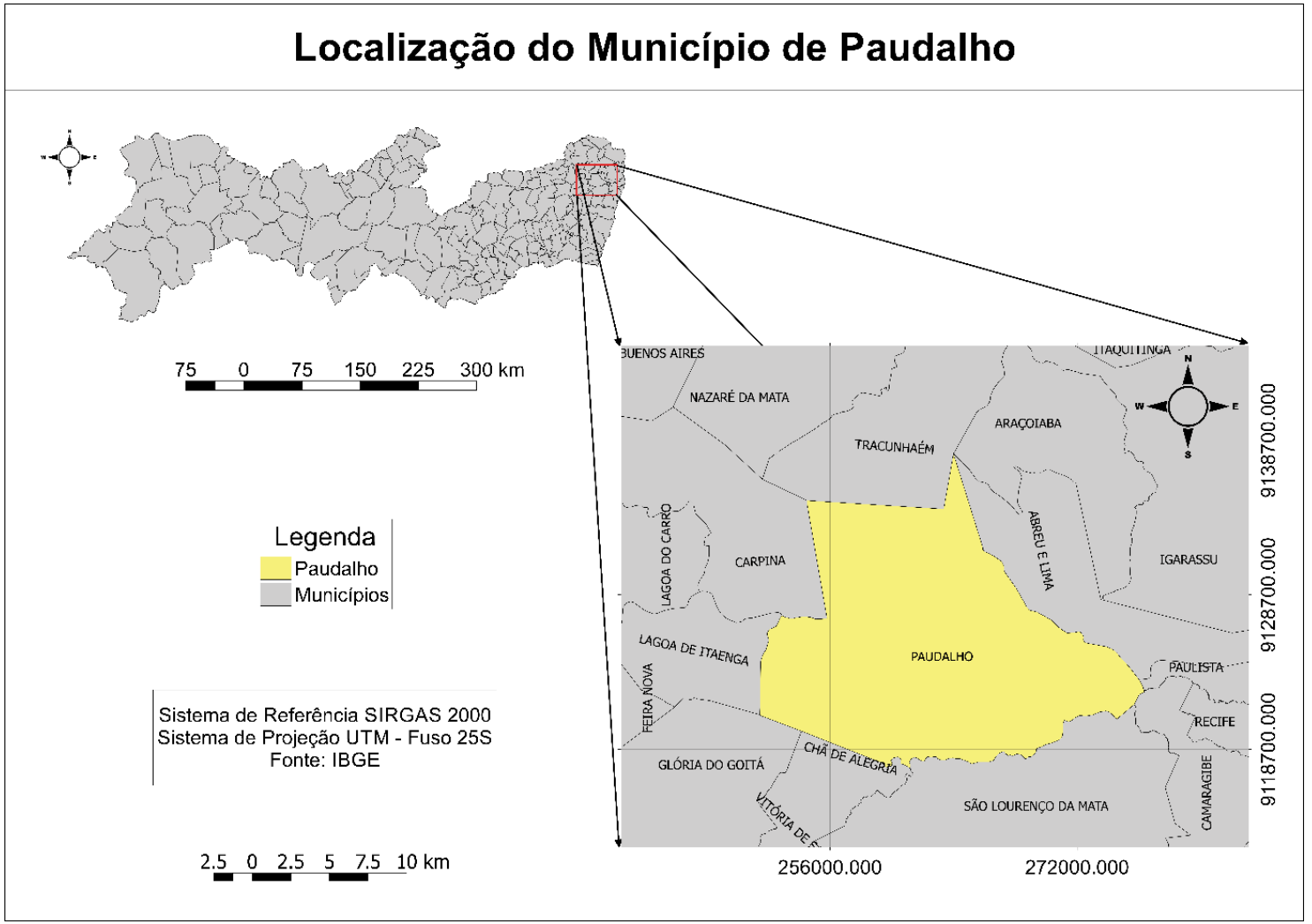
Figura 13 - Mapa de localização do município de Paudalho de acordo com as mesorregiões de Pernambuco



Fonte - O autor

O município limita-se ao norte com a cidade de Tracunhaém; ao sul com Camaragibe, São Lourenço, Chã de Alegria e Gloria do Goitá; ao leste com Abreu e Lima e Paulista; e ao oeste com Lagoa de Itaenga e Carpina, como é mostrado na figura 14.

Figura 14 - Mapa de localização do Município do Paudalho no Estado de Pernambuco

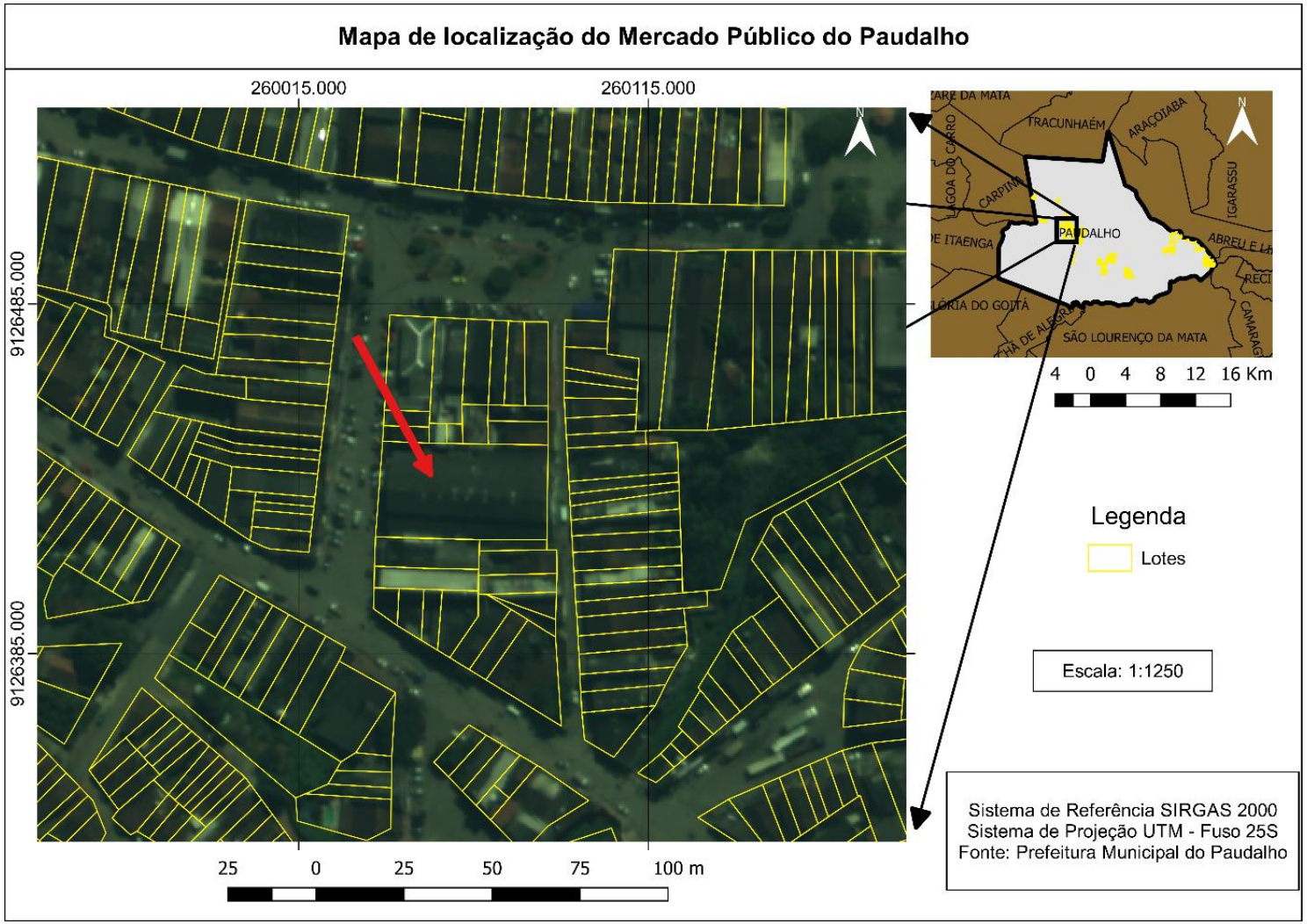


Fonte - O autor

A parcela escolhida para desenvolvimento desse trabalho, diz respeito ao Mercado Público do Paudalho, o qual localiza-se no centro da cidade.

Segundo o Inventario Turístico de Pernambuco (INVTUR-PE, 2017), o Mercado Público existe a 112 anos (construído em 1906) e possui um total de 72 boxes, para o comercio de ervas medicinais, artigos de umbanda, louças, alumínios, vestuário, artesanato, alimentícios e etc. A localização do Mercado Público do Paudalho é apresentada na figura 15.

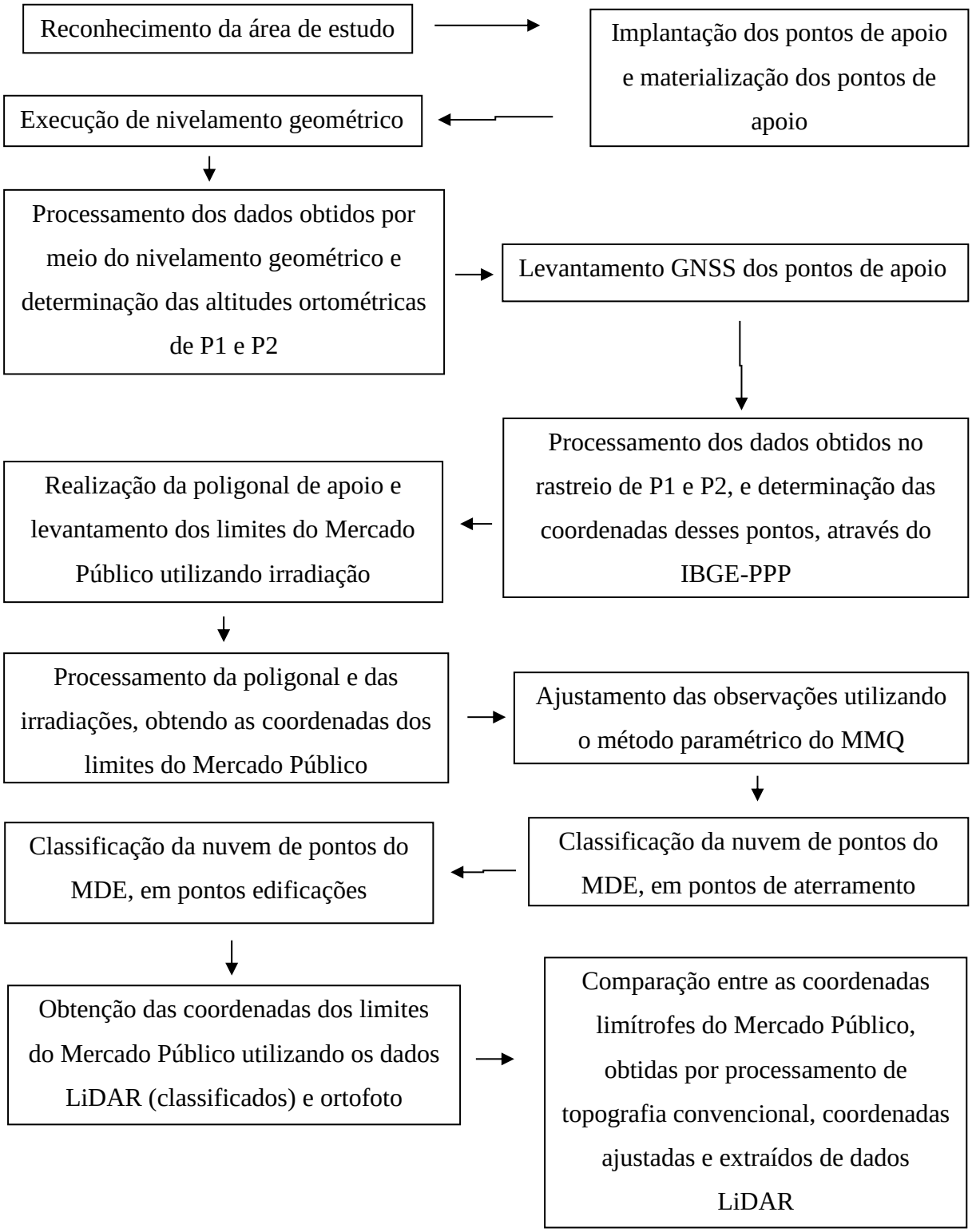
Figura 15 - Mapa de localização do Mercado Público do Paudalho



Fonte - O autor

4. METODOLOGIA

A seguir, temos um fluxograma mostrando as principais etapas executadas neste trabalho:



4.1 MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes materiais, conforme lista e ilustrações abaixo:

- Estação Total Foif OTS 655-R300
- Nível digital Foif EL300
- GNSS Topcon Hiper II
- Tripés
- Trena
- Prisma
- Bastão
- Mira-falante
- Placas de metal (padrão INCRA)
- MDE ASCII – PE3D
- Ortofoto – PE3D
- Software Topcon Tools
- Software de topografia
- Software de planilha eletrônica
- Software LiDAR360 – versão de avaliação
- Software de programação

4.2 PROCEDIMENTOS

4.2.1 Reconhecimento da área de estudo

A localização desses pontos foi escolhida de forma estratégica, de forma que eles ficassem em locais de grande importância para o município, onde sempre houvesse pessoas, que verificassem sua integridade.

4.2.2 Implantação e materialização dos pontos de apoio

Foram implantados dois pontos próximos à parcela de estudo, os quais serviram como pontos da poligonal de apoio, para a determinação das coordenadas da parcela em estudo (mercado público do Paudalho). Esses pontos foram denominados de “P1” e “P2”.

O ponto “P1” localiza-se na esquina do Fórum Ministro Petrônio Portela, enquanto o

“P2” situa-se na esquina do Clube Lenhadores do Paudalho, conforme a figura 16:

Figura 16 – Localização dos pontos de apoio principal

Fonte – O autor

Esses dois pontos de apoio principal, foram materializados utilizando chapa metálica para georreferenciamento no padrão INCRA, com o objetivo de que os mesmos permaneçam como pontos de coordenadas conhecidas, também para levantamentos futuros (densificação da Rede Municipal de Referencia – RMR de Paudalho). As figuras 17 e 18 mostra os pontos materializados:

Figura 17 - Ponto P1, materializado

Fonte - O autor

Figura 18 - Ponto P2, materializado

Fonte - O autor

4.2.3 Execução do nivelamento geométrico

Com os pontos materializados, o procedimento seguinte foi a determinação das coordenadas dos mesmos. Inicialmente, foi realizado a determinação da sua coordenada altimétrica (altitude ortométrica - H), por meio de nivelamento geométrico.

Como ponto de partida, foi utilizada a Referência de Nível (RN) do IBGE, de código

“391T”. Esta RN localiza-se à esquerda da porta principal da Igreja Matriz de Paudalho. A tabela 10 apresenta as coordenadas tridimensionais em projeção UTM/Fuso 25S, bem como a precisão altimétrica desse ponto.

Tabela 10 - Atributos da RN 391T

Estação	N (m)	E (m)	H (m)	Sigma H (m)
391T	9.126.652	259.924	69,7507	0,089

Fonte - IBGE 2018

Dessa forma, foi realizado o nivelamento geométrico composto, com 20 estações no nivelamento e 18 no contranivelamento. Esse procedimento de nivelamento e contranivelamento é importante, devido ao fato de permitir o controle do nivelamento realizado, através do cálculo do erro de fechamento.

Foi utilizado o método das visadas iguais, onde a maioria das distancias entre os lances foram de aproximadamente 17 metros, 8,5m da ré para a estação e 8,5m da estação para vante, visando eliminar o erro de colimação vertical, de curvatura e refração. A seguir, na figura 19, temos um esquema do nivelamento geométrico executado.

Figura 19 - Esquema do nivelamento geometrico

Fonte – O autor

Com isso, foi calculado através do software de planilha eletrônica, as altitudes dos pontos P1 e P2, utilizando a sequência abaixo:

1. Cálculo dos desníveis do nivelamento e contranivelamento:

$$\text{Desn}_{\text{nivelamento}} = \sum \text{Ré}_{\text{nivelamento}} - \text{Vante}_{\text{nivelamento}} \quad (8)$$

$$\text{Desn}_{\text{contranivelamento}} = \sum \text{Ré}_{\text{contranivelamento}} - \text{Vante}_{\text{contranivelamento}} \quad (9)$$

2. Cálculo do erro de fechamento:

$$e = \text{Desn}_{\text{nivelamento}} - \text{Desn}_{\text{contranivelamento}} \quad (10)$$

3. Cálculo das correções:

$$C = e/n \quad (11)$$

Onde n é o número total de estações (nivelamento e contranivelamento)

4. Aplicação da correção nos desníveis:

$$\text{Desn}_{\text{nivelamento corrigido}} = \text{Desn}_{\text{nivelamento}} - C \quad (12)$$

$$\text{Desn}_{\text{contranivelamento corrigido}} = \text{Desn}_{\text{contranivelamento}} - C \quad (13)$$

5. Cálculo das altitudes:

$$H_i = \text{Altitude}_{i-1} + \text{Desnível corrigido}_{i-1_i} \quad (14)$$

O nível utilizado pertence a classe 2 com precisão ≤ ± 6mm por Km duplo nivelado (tabela 5). Dessa forma sua tolerância de fechamento é de 20 mm * $\sqrt{K}$, conforme a tabela 10. A tabela 11 mostra a precisão obtida através do nivelamento geométrico realizado, em relação a tolerância de fechamento:

Tabela 11 - Parâmetros do nivelamento

Erro de fechamento obtido	Tolerância de fechamento
5 mm	11 mm

Fonte - O autor

4.2.4 Rastreio dos pontos (GNSS)

Seguindo, foi realizado a determinação das coordenadas dos vértices de apoio (P1 e P2), utilizando o levantamento GNSS por meio do método de Posicionamento por Ponto Preciso – PPP.

Após instalados os equipamentos, os pontos foram rastreados por 5 horas. Na realização do pós-processamento, os dados foram inseridos no software Topcon Tools, e convertido, para o formato RINEX. Decorrido 17 dias, posterior a data do levantamento, o arquivo RINEX foi processado no IBGE-PPP, e obtido o relatório contendo os dados da orbita final, para os pontos (vide nos anexos A e B, as monografias de P1 e P2, respectivamente).

4.2.5 Poligonal e irradiações

De posse desses dados, partiu-se para a execução de uma poligonal fechada e da irradiação, com nivelamento trigonométrico. Na execução de poligonais, é realizado um caminhamento, iniciando em dois pontos de coordenadas conhecidas, para se determinar a orientação (azimute) do levantamento e assim, percorre-se todos os pontos da poligonal, realizando medidas de ângulos e distancias, entre esses pontos.

Dessa forma, os pontos de coordenadas conhecidas foram P1 e P2, onde se foi possível determinar o azimute de partida, e percorreu-se ao redor de toda a quadra, a qual localiza-se o mercado público de Paudalho, ocupando os demais pontos da poligonal, chamados de V1, V2, V3, V4, V5, V6 e V7, fazendo serie de duas leituras com a Estação Total em posição direta (PD) e duas em posição inversa (PI).

Foi realizado esse procedimento de series PD (posição direta) e PI (posição inversa), para que fosse eliminado/minimizado o erro de colimação do instrumento. No momento em que a Estação Total estiver em PD, o erro estaria ocorrendo em determinado sentido, e na posição de PI, aconteceria o erro no sentido contrário, de forma a se anularem. A figura 20 apresenta o

esquema da poligonal.

Figura 20 - Esquema da poligonal

Fonte – O autor

Para as irradiações, o equipamento foi instalado nos vértices V3 e V6, e foram feitas leituras nos vértices da parcela, em suas extremidades direita e esquerda, como também, do início dos becos que compõem o mercado público, para ambos os lados (frente e fundo). Da mesma forma que para a poligonal, também foram realizadas duas series de PD e PI. A figura 21 apresenta os pontos de instalação do equipamento (V3 e V6), bem como os pontos irradiados (I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7 e I8).

Figura 21 - Esquema da irradiação

Fonte – O autor

Após a coleta dos dados, foi realizado os cálculos das coordenadas dos pontos da poligonal e das irradiações pelo método convencional em software de topografia. Neste método utiliza-se as seguintes formulas:

Primeiramente, calcula-se o erro de fechamento angular da poligonal:

$$e_{angular} = \sum angulos\ medidos - (n \pm 2) * 180° \quad (15)$$

Onde n é o número de pontos (estações) da poligonal.

Utiliza o sinal positivo, caso os ângulos medidos tenham sido os externos, e o sinal negativo quando for feito as medições dos ângulos internos da poligonal.

Com isso, distribui-se o erro de fechamento angular, pelo número de vértices da poligonal:

$$Correção_{angular} = \frac{e_{angular}}{n} \quad (16)$$

Onde n é o número de pontos (estações) da poligonal.

Assim, encontra-se os ângulos corrigidos para a poligonal:

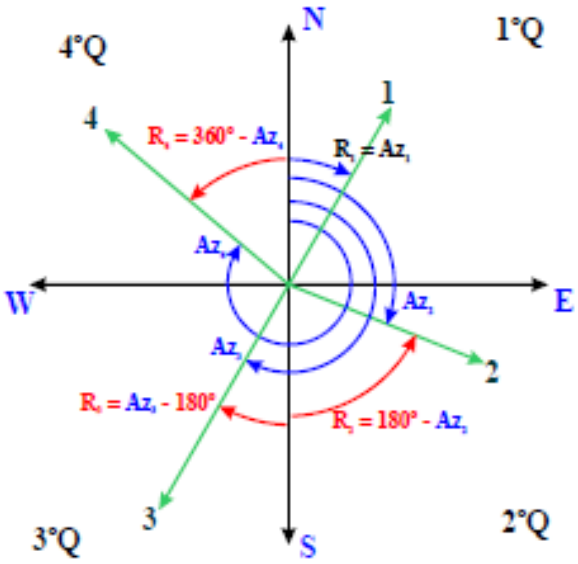
$$Angulo_{Corrigido} = Angulo_{medido} + Correção_{angular} \quad (17)$$

Em seguida, calcula-se o do Rumo de partida, por meio dos pontos de coordenadas conhecidas:

$$Rumo_{i-1_i} = \text{arctang}\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right) \quad (18)$$

Para o cálculo do Azimute de partida, faz-se a análise de quadrante para o resultado obtido anteriormente, do Rumo, como mostra a figura 22:

Figura 22 - Analise de quadrante de azimute x rumo



Fonte - Azimute e rumo (Emerson Silva)

Dessa forma, conforme a figura 22, se para o cálculo do rumo, obteve-se um valor para $\Delta x > 0$ e $\Delta y > 0$, este alinhamento encontra-se no 1° quadrante e com isso o Azimute = Rumo. Caso $\Delta x > 0$ e $\Delta y < 0$, o alinhamento estará no 2° quadrante, e assim, o Azimute = 180° – Rumo. Como a terceira possibilidade tem-se que, $\Delta x < 0$ e $\Delta y < 0$, e dessa maneira o Azimute é calculado por, Azimute = 180° + Rumo. Por fim, se o $\Delta x < 0$ e $\Delta y > 0$, significa que o alinhamento encontra-se no 4° quadrante, e o Azimute = 360° - Rumo.

Seguindo, calcula-se os azimutes para os demais pontos da poligonal, a partir das formulas a seguir:

$$Az_{i_i+1} = Az_{i-1_i} + Angulo_{Corrigido} \pm 180° \quad (19)$$

Em função disso, determina-se as coordenadas dos pontos:

$$X_i = X_{i-1} + d_{i-1_i} * seno\ (Az_{i-1_i}) \quad (20)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + d_{i-1_i} * cosseno\ (Az_{i-1_i}) \quad (21)$$

Onde d é a distância horizontal entre os pontos.

O erro de fechamento em X e Y, será a diferença entre as coordenadas iniciais, conhecidas e calculadas.

$$Erro_X = X_{calculado} - X_{conhecido} \quad (22)$$

$$Erro_Y = Y_{calculado} - Y_{conhecido} \quad (23)$$

O erro planimétrico é dado pela seguinte expressão:

$$Erro_{planimétrico} = \sqrt{Erro_X^2 + Erro_Y^2} \quad (24)$$

De posse dos erros cometidos em X e Y, encontra-se o valor das respectivas correções, para cada trecho da poligonal:

$$Correção_{X_i} = \frac{-Erro_X * d_{i-1_i}}{\sum d} \quad (25)$$

$$Correção_{Y_i} = \frac{-Erro_Y * d_{i-1_i}}{\sum d} \quad (26)$$

Por fim calcula-se as coordenadas corrigidas por meio da formula abaixo:

$$X_{Corrigido} = X_{i-1\ corrigido} + d_{i-1_i} * seno\ (Az_{i-1_i}) \quad (27)$$

$$Y_{Corrigido} = Y_{i-1\ corrigido} + d_{i-1_i} * cosseno\ (Az_{i-1_i}) \quad (28)$$

Para as irradiações, segue metodologia semelhante à da poligonal, onde, de posse dos azimutes corrigidos, calcula-se os azimutes para os alinhamentos das irradiações (formula 19), e em seguida, determina-se as coordenadas X e Y dos pontos irradiados.

Partindo-se para a etapa da determinação da coordenada altimétrica dos pontos (poligonal e irradiação), procede-se executando o cálculo para o nivelamento trigonométrico. As altitudes dos pontos são calculadas da seguinte maneira:

$$H_i = H_{i-1} + h_I - h_P + d_i * cosseno\ (Z) \quad (29)$$

Onde, H_i = Altitude do ponto que se quer determinar;

H_{i-1} = Altitude do ponto anterior;

h_I = Altura do instrumento;

h_P = Altura do prisma;

d_i = Distancia inclinada entre os pontos;

Z = Ângulo zenital.

As tabelas 12 e 13, mostra os parâmetros da poligonal processada:

Tabela 12 – Perimetro da poligonal

	Observados	Compensados
Perímetro	340,1599 m	340,2593 m

Fonte - O autor

Tabela 13 - Parâmetros da poligonal

	Erros
Angular	00°00’49”
Relativo	1:6931
Linear	0,0491 m
Eixo Norte	-0,0418 m
Eixo Este	0,0257 m
Altímetrico	0,013 m

Fonte - O autor

Esses valores apresentados nas tabelas 12 e 13, refletem as dificuldades encontradas na execução desse tipo de levantamento em uma área bastante movimentada, como o Mercado Público.

4.2.6 Ajustamento das observações (MMQ)

Também foi feito o ajustamento das coordenadas pelo modelo paramétrico do método

dos mínimos quadrados (MMQ), em software de programação, utilizando coordenadas UTM. As formulas utilizadas para esse método, estão apresentadas abaixo:

Tem-se o vetor Lb, das observações:

$$L_b = \begin{bmatrix} L_{b1} \\ \vdots \\ L_{bn} \end{bmatrix} \tag{30}$$

Encontra-se valores para o vetor dos parâmetros estimados, em função das observações:

$$X_0 = F(L_b) \tag{31}$$

Calcula-se o vetor L_0 das equações de observações:

$$L_0 = F(X_0) \tag{32}$$

Assim, obtém-se o vetor L da seguinte maneira:

$$L = L_0 - L_b$$

A matriz "A", é uma matriz n x m, das derivadas parciais:

$$A = \frac{\partial F}{\partial Xa} | Xa = X_0 \tag{33}$$

Onde n é a quantidade de observações e m a quantidade de incógnitas.

Calcula-se a matriz dos pesos "P", que é uma matriz quadrada de ordem n.

$$P = \begin{bmatrix} P_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & P_n \end{bmatrix} = \sigma_0^2 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{bmatrix} \tag{34}$$

Onde, σ_0^2 é a variância de referência e;

σ_i^2 é a variância da observação.

Assim, encontra-se a correção "X":

$$X = -((A^T * P * A)^{-1} * (A^T * P * L)) \tag{35}$$

Com isso, determina-se os parâmetros ajustados, por meio dos parâmetros estimados e das correções:

$$X_a = X_0 + X \tag{36}$$

Verifica-se o resíduo:

$$V = A * X + L \tag{37}$$

A variância a posteriore:

$$V_P = \frac{V^T * P * V}{G_L} \tag{38}$$

Onde G_L é o grau de liberdade, definido pelo número de observações menos a quantidade de incógnitas.

4.2.7 Classificações da nuvem de pontos LiDAR

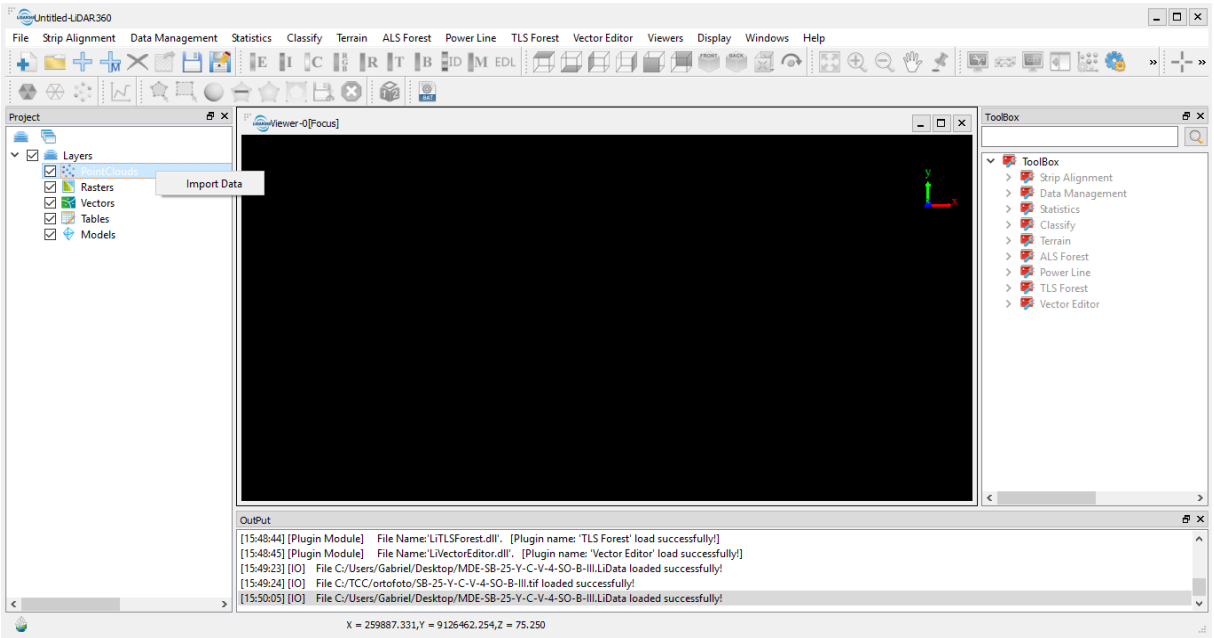
Na etapa de classificação da nuvem de pontos dos dados de LIDAR, os mesmos foram selecionados da seguinte forma:

a) Verificação da articulação do perfilhamento a laser na escala de 1:5000, em que se localizava a área de estudo;
b) Mineração de dados que estavam contidos na quadricula SB-25-Y-C-V-4-SO-B-III.

Os dados da nuvem de pontos do MDE, estavam na extensão .xyzi, a qual possui, além das informações da coordenada x, y e z, também informações de intensidade.

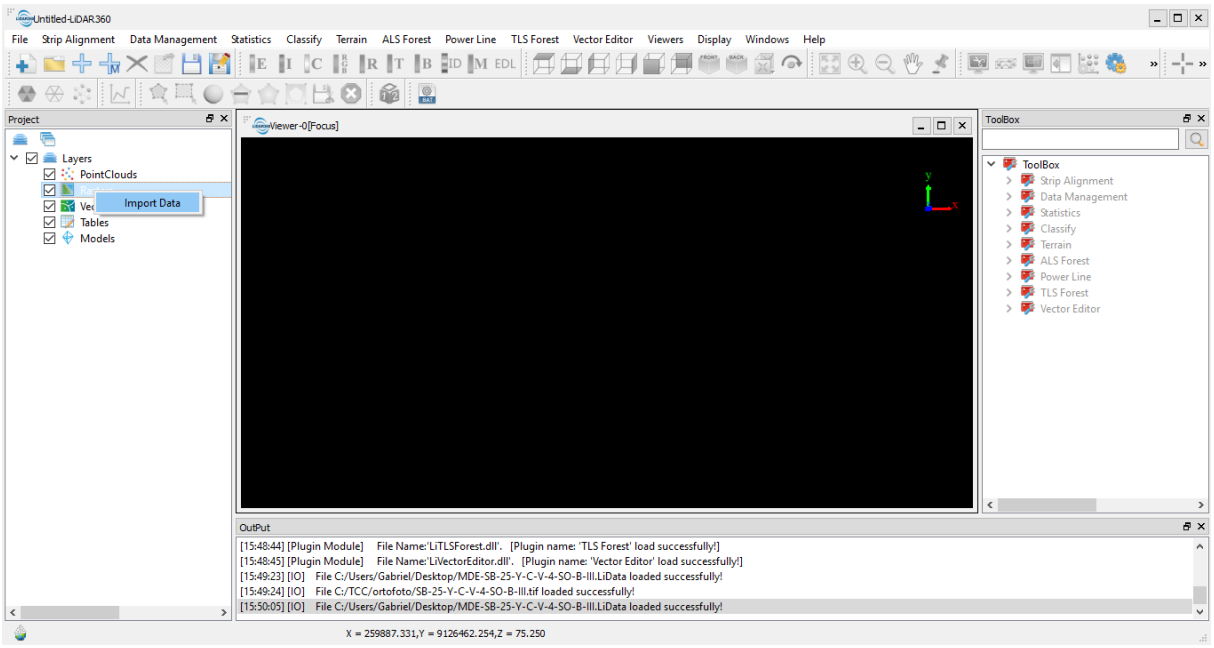
Esse tipo de arquivo (.xyzi) não era suportado no software LiDAR360, onde houve a necessidade de alterar essa extensão para apenas .xyz. Feito isso, esses dados foram inseridos no software, junto com a ortofoto, clicando com o botão direito do mouse nos itens “PointClouds” e “Rasters”, conforme as figuras 23 e 24.

Figura 22 - Importação da nuvem de pontos



Fonte - O autor

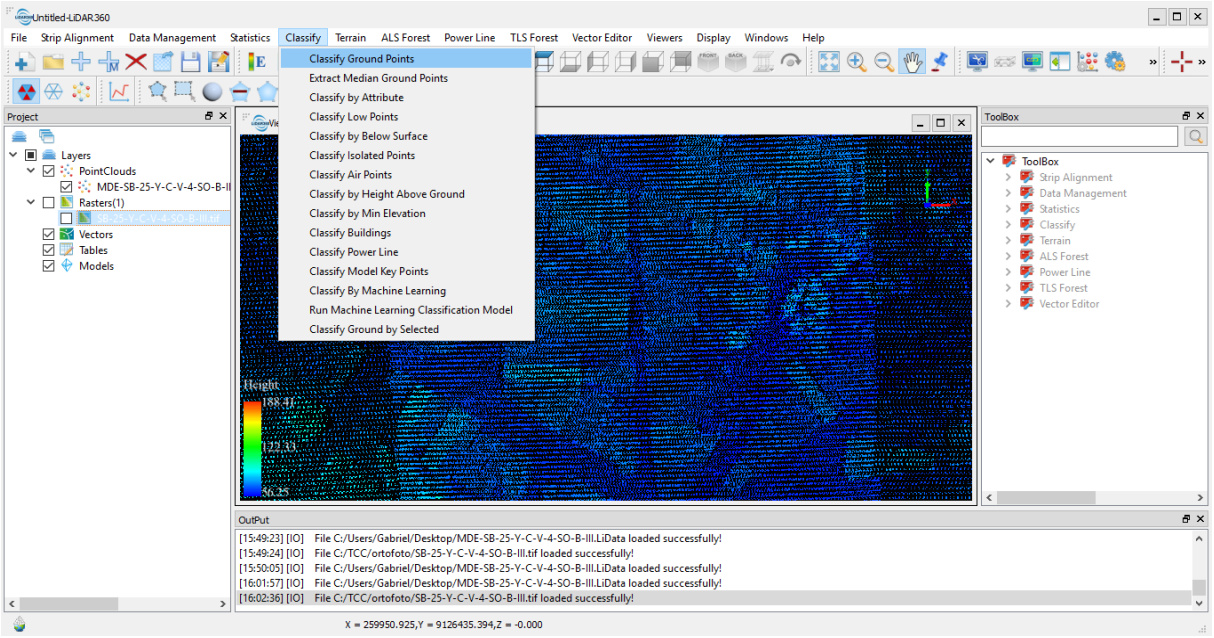
Figura 23 - Importação da ortofoto



Fonte - O autor

Em seguida, utilizou-se o comando “Classify Ground Points”, para se determinar pontos de aterramento, conforme figura 25.

Figura 24 - Comando para classificação por aterramento

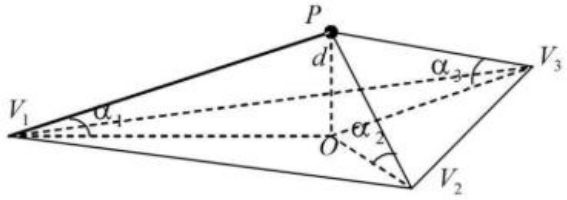


Fonte - O autor

Esse comando, usa um algoritmo de filtragem de densificação TIN (Triangulated Irrregular Network), progressivo aprimorado, descrito em Zhao et al., 2016.

O algoritmo primeiro gera uma rede triangular irregular (TIN) e então processa iterativamente a densificação, camada por camada, até que todos os pontos do terreno tenham sido classificados. A figura 23, mostra um esquema desse algoritmo:

Figura 26 - Esquema de algoritmo TIN



Fonte - Manual do software LiDAR360

Dessa forma, caso o ponto "P" possua distância e ângulo menor que o fornecido pelo usuário, este ponto será classificado de acordo com a classificação que se estiver sendo feita. Quando esses valores forem maior que os fornecidos pelo usuário, o ponto "P", não será classificado, na classe em questão.

Como parâmetros de entrada para o processamento, o algoritmo solicita:

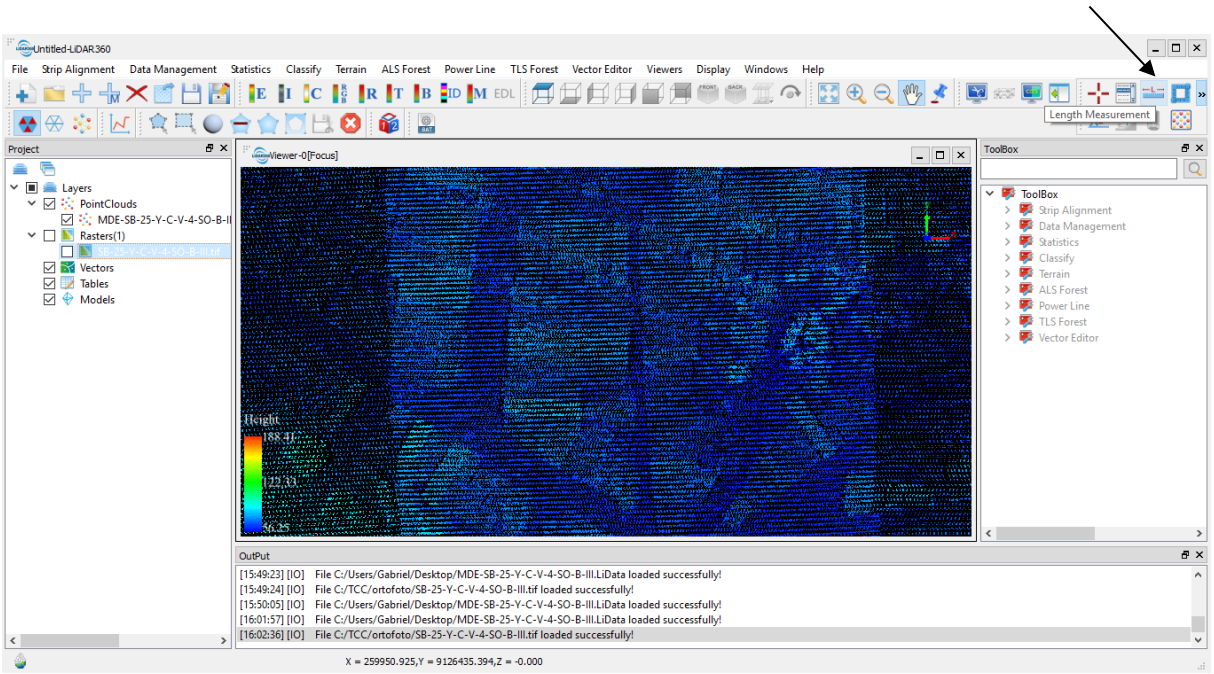
- Arquivo de dado de entrada – nuvem de pontos;
- A classe de origem – não classificado;
- Classe alvo – Terreno;
- Tamanho máximo de edificação – pode-se medir no próprio programa a altura do maior edifício presente na área de estudo, conforme figura 27. O valor inserido nesse campo, deve ser maior que o valor medido (padrão = 20m);
- Ângulo máximo do terreno (inclinação) - determina se os pontos próximos aos pontos de aterramento pertencem ou não ao solo (padrão = 88°).
- Ângulo de interação – diz respeito ao intervalo permitido de ângulos entre os pontos não classificados e os pontos de aterramento. Geralmente definido entre 10° e 30°. Aumenta-se este valor quando o terreno é mais acidentado.
- Distancia de iteração – é a distância entre os pontos não classificados e o triângulo na malha triangular. Normalmente é utilizado um valor entre 1 e 2 metros (padrão = 1,4 metros). Também se eleva este valor, a medida que o

terreno se torna mais acidentado.

- Reduzir o ângulo de iteração quando o comprimento da borda for menor que (opcional) - indica que, quando o ponto a ser classificado corresponder ao comprimento do triângulo na rede de triangulação for menor que o limite, o ângulo de iteração será reduzido. Quando um ponto de aterramento esparso precisa ser obtido, o limite pode ser aumentado
- Parar a triangulação quando o tamanho da borda for menor que (opcional) - Quando o comprimento do triângulo a ser classificado corresponder ao comprimento do triângulo for menor que o limite, a densificação da rede de triangulação será interrompida. Quando esse valor aumenta, os pontos de aterramento serão esparsos (padrão = 2 metros).
- Apenas pontos chaves (opcional) - Extrai os pontos-chave do modelo de terreno com base na filtragem do ponto de aterramento.

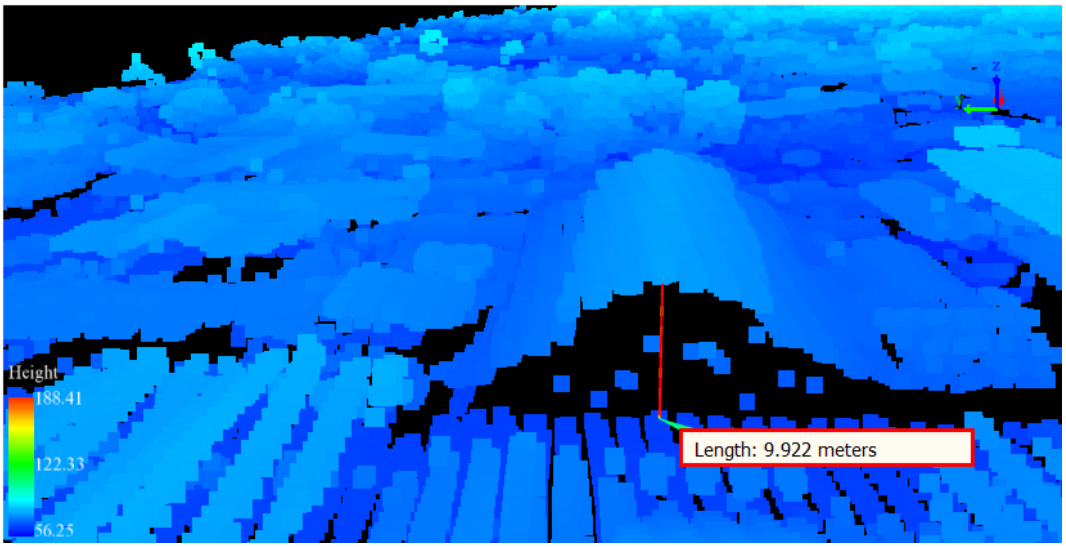
Dessa forma, foi medido a altura do mercado público por meio da ferramenta de medição do LiDAR360, conforme as figuras 27 e 28, e inserida no campo de tamanho máximo de edificação. A ferramenta de medição de ângulo encontra-se no mesmo local que a medição de distância.

Figura 27 - Ferramenta de medição de distancia



Fonte - O autor

Figura 28 - Medição da altura do Mercado Público

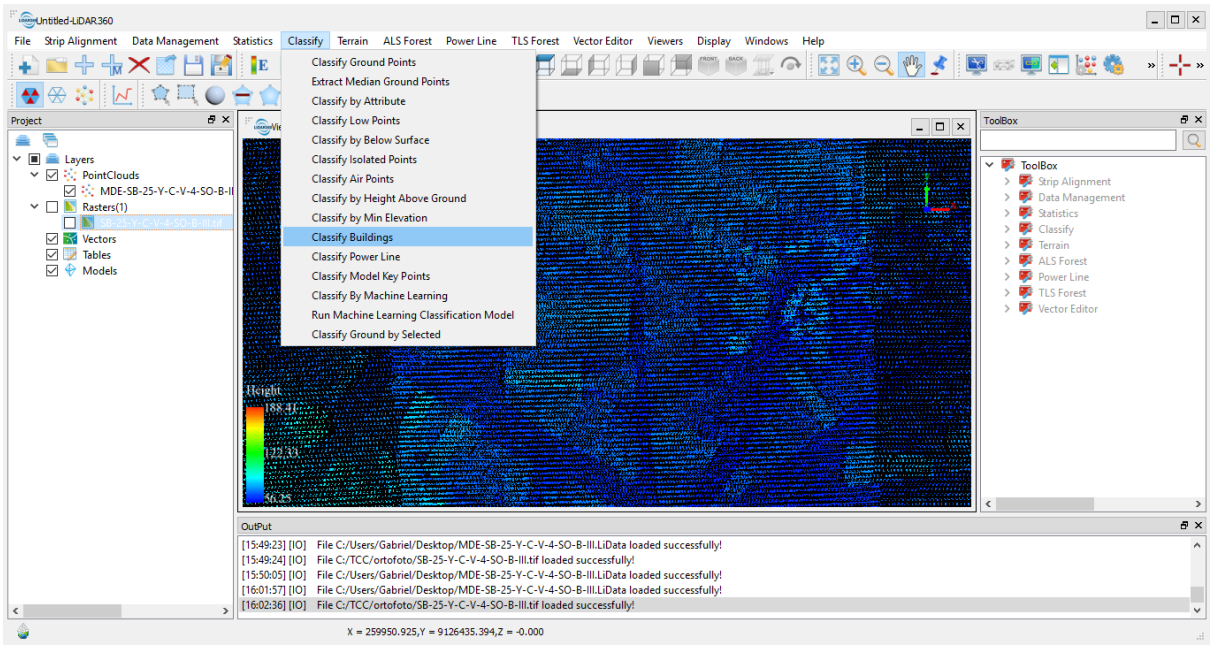


Fonte - O autor

Como o terreno da região é pouco acidentado, utilizou para os demais campos, os valores padrões fornecidos pelo software.

Em seguida, foi executado o comando “Classify buildings” (figura 29), a qual classifica os pontos de edificações dos dados da nuvem de pontos. Para realizar essa operação é necessário ter feito a classificação dos pontos de aterramento.

Figura 29 - Comando para classificação de edificações



Fonte - O autor

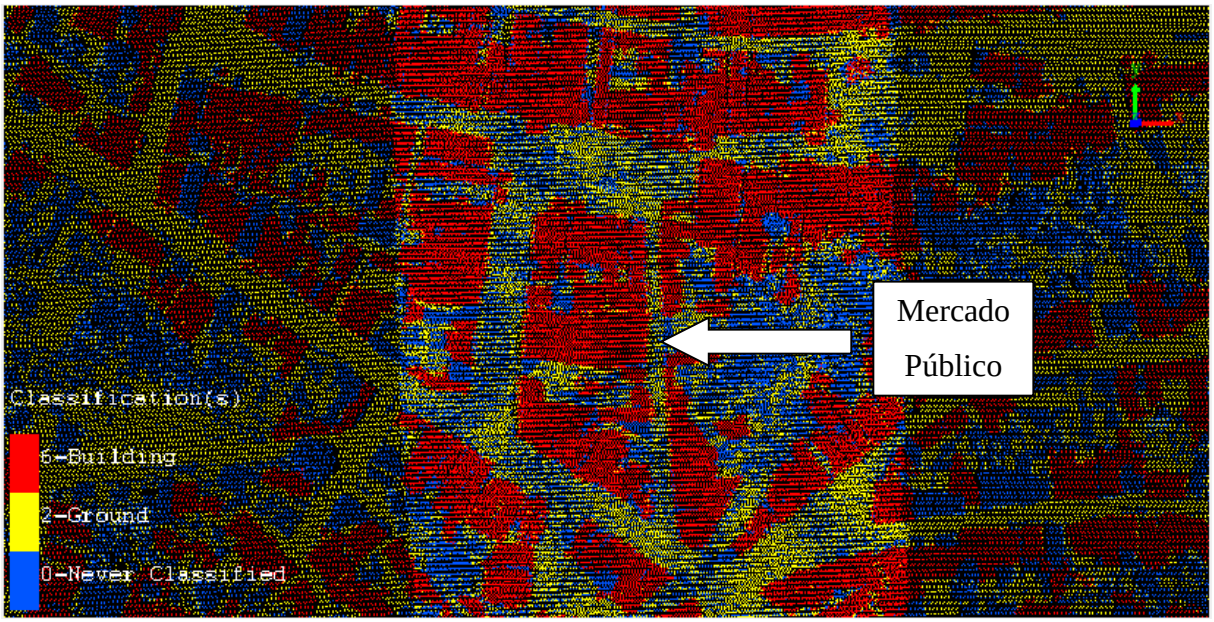
Os parâmetros de entrada são os seguintes:

- Arquivo de dado de entrada – nuvem de pontos já classificadas por aterramento;
- A classe de origem – não classificado;
- Classe de terreno - O ponto de aterramento padrão é 2-class;
- Classe alvo – Edificação;
- Raio normal – refere-se ao raio da vizinhança, ao calcular o vetor normal de cada ponto na nuvem de pontos. Geralmente definido para de 4 a 6 vezes a distância entre os pontos;
- Limite de ângulo – diz respeito, limite de ângulo entre dois pontos no clustering plano. Quando o ângulo real de dois pontos for menor que o limite, os dois pontos serão agrupados no mesmo grupo (padrão = 10°);
- Tolerância de elevação – está relacionado ao limite de distância de ponto a plano no agrupamento plano, que deve ser um pouco maior que a distância média do ponto. Quando a distância real for menor que o limite, o ponto e o plano serão agrupados no mesmo grupo (padrão = 0,6m);
- Número mínimo de pontos - O número mínimo de pontos de trechos de construção (padrão = 100);
- Inclinação máxima - O ângulo entre o plano e a direção vertical. Maior que este valor não é considerado como o topo do edifício, mas a parede ou outras classes (padrão = 60°);
- Tamanho máximo do edifício - O comprimento máximo dos edifícios, que foi usado para a detecção de trechos de construção entre blocos (padrão = 60m).

Com isso, forma medidos as distancias entre os pontos da nuvem de pontos do MDE, bem como o ângulo dois pontos no clustering pertencentes ao topo da edificação, para se definir o raio normal, e o limite de ângulo. O restante dos parâmetros forma utilizados os padrões.

A figura 30, ilustra a nuvem de pontos após essas duas classificações:

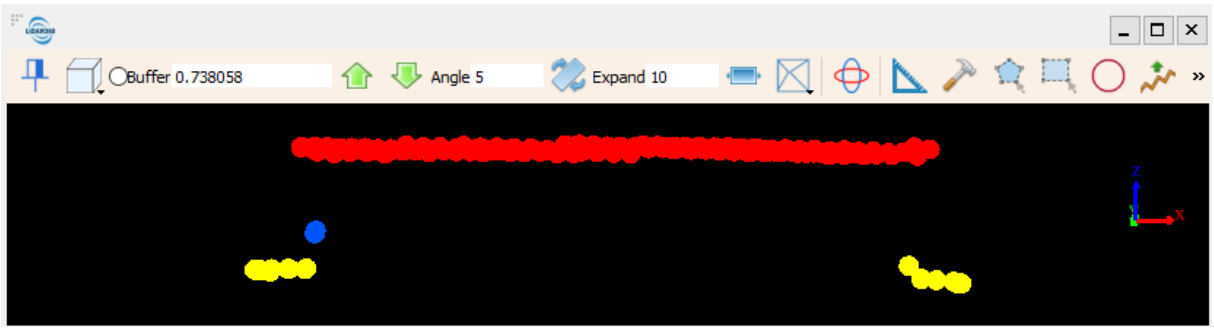
Figura 30 - Nuvem de pontos classificada



Fonte - O autor

Foram realizado, também, um perfil do Mercado Público, conforme a figura 31, de maneira que é possível observar a correta classificação dos pontos, onde os pontos mais elevados, foram classificados como edificação (pontos vermelhos), os mais baixos, como terreno (pontos amarelos) e os pontos em azul, não foram possíveis de classificar em nenhuma das duas classes anteriores, por possuírem valores de ângulos e distancias maiores que os parâmetros informados para a realização do TIN, utilizado pelo algoritmo.

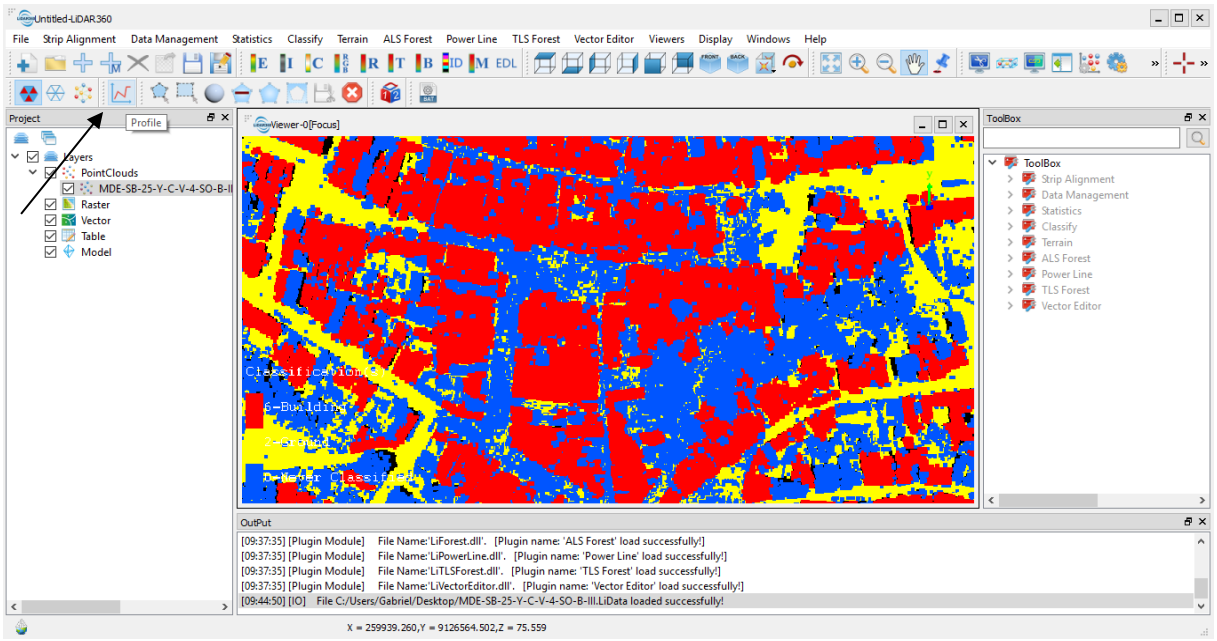
Figura 31 - Perfil do Mercado Público na nuvem de pontos classificada



Fonte - O autor

Para traçar esse perfil, utilizou-se o comando “profile”, conforme a figura 32:

Figura 32 - Comando para traçar perfil



Fonte - O autor

Após executar esse comando, marca-se todas as caixas referentes aos tipos de classificação que se deseja mostrar no perfil. Clica-se no início, no final e no tamanho da largura do perfil, e o mesmo será apresentado na tela do software.

Seguindo, encontrou-se um problema referente a identificação dos limites da parcela em questão (Mercado Público), devido ao fato dos imóveis vizinhos também possuir classificação do tipo “edificações”. Dessa forma, utilizou-se o auxílio visual das ortofotos, para identificação dos limites do Mercado Público, onde as mesmas foram inseridas por cima da nuvem de pontos classificadas, no LiDAR360.

Na determinação dos pontos limites da parcela do mercado público, pelos dados de LiDAR do PE3D, foram utilizados os seguintes critérios:

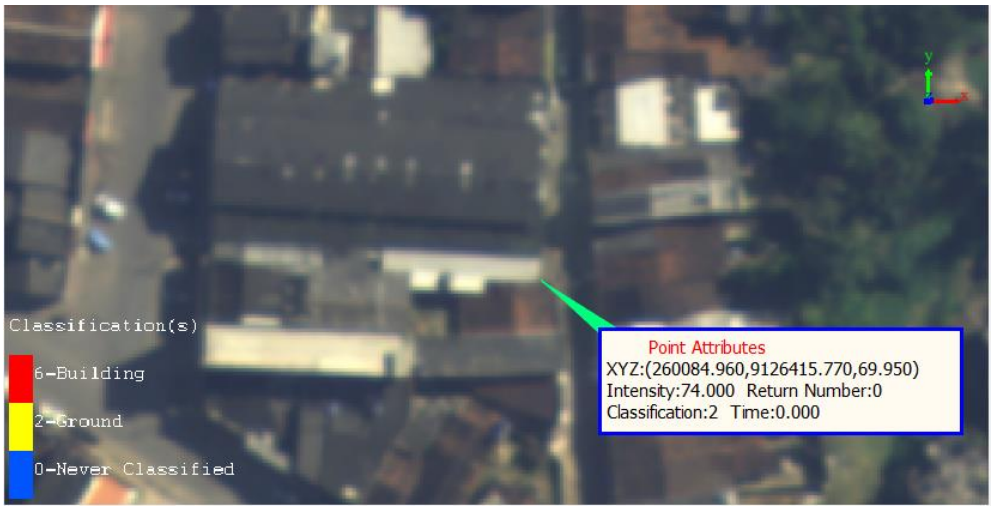
- Possuir classificação compatível com a realidade;
- Selecionar as posições mais coerentes com os limites, apresentados na ortofoto;

Neste caso, para alguns vértices nos becos, que não possuem telhados, o ponto teria que possuir classificação “ground”, pois no momento do perfilhamento a laser, o ponto coletado pelo scanner, foi na superfície terrestre, e ser o mais o mais próximo que identificamos do limite observado pela ortofoto. Já para as partes que possuem telhado, os pontos teriam que ser da classe “Building”, visto que por possuir cobertura, os pontos coletados no perfilhamento a laser

foram obtidos dos telhados.

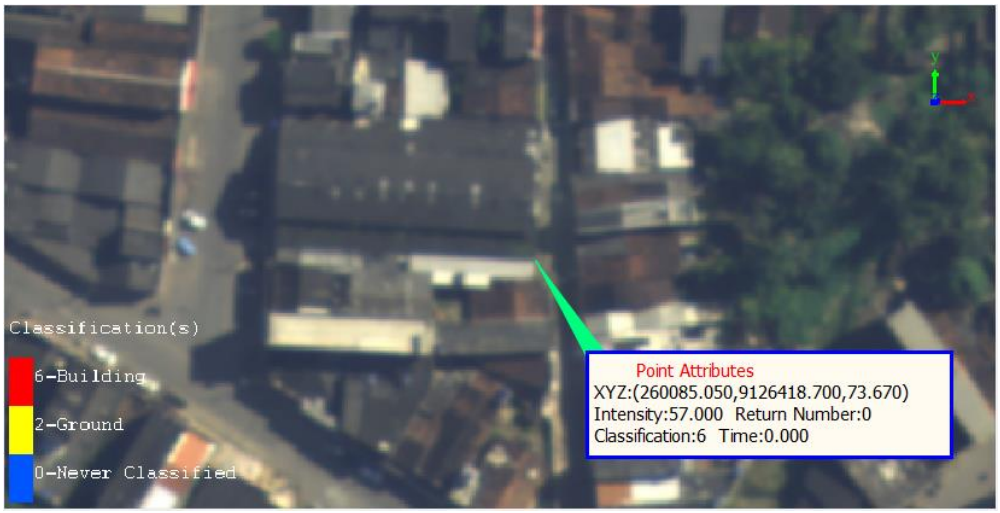
Ao clicar no limite visual da ortofoto, era coletado um ponto na nuvem de pontos classificadas que estava abaixo da ortofoto, de forma que é possível visualizar os atributos desses pontos. Observa-se por exemplo, pela figura 33, que a classificação do ponto coletado é do tipo 2 (Ground ou Terreno), a qual condiz com a realidade encontrada em campo ou através da ferramenta Google Street View. As figuras 34 a 40, mostram os demais pontos sendo coletados:

Figura 33 - Coleta do ponto I1



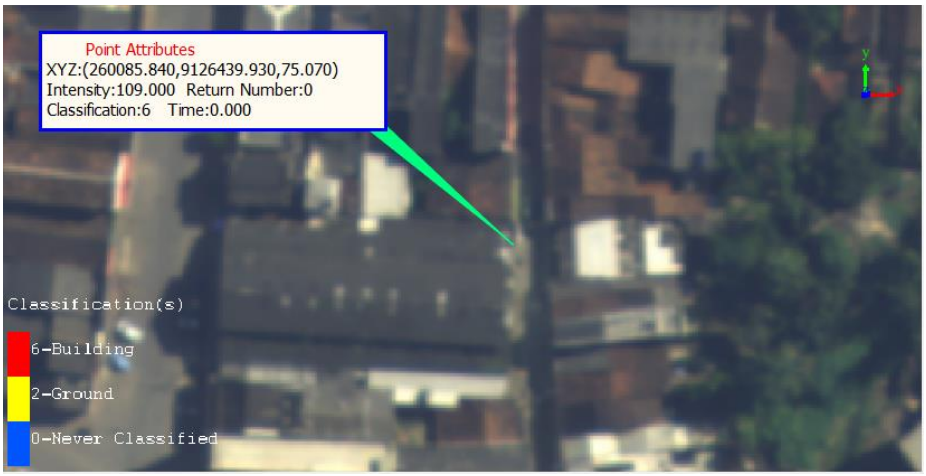
Fonte - O autor

Figura 34 - Coleta do ponto I2



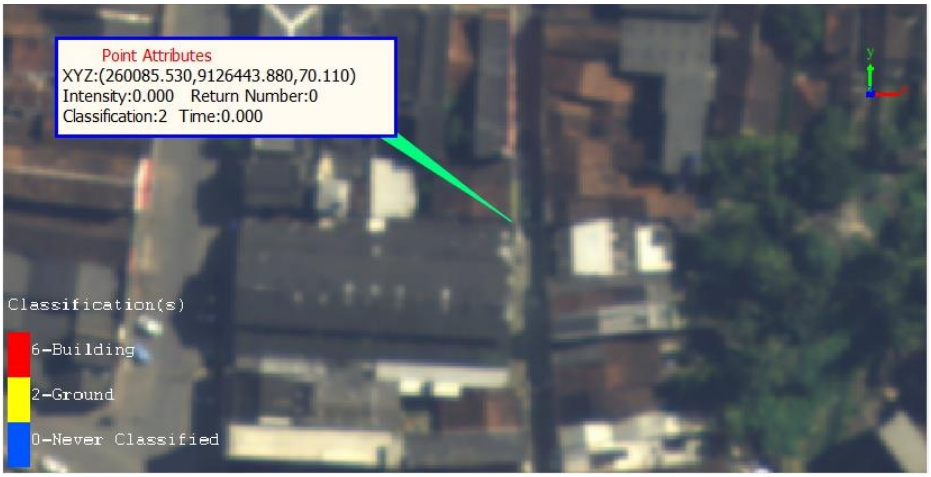
Fonte - O autor

Figura 35 - Coleta do ponto I3



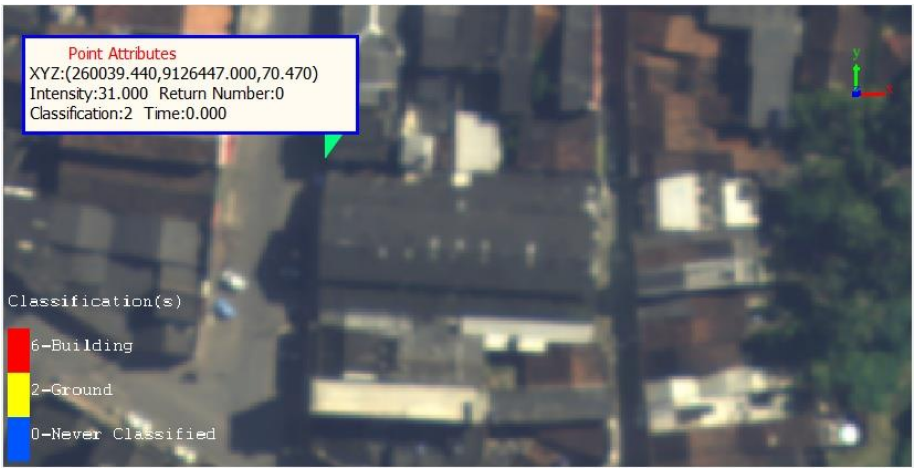
Fonte - O autor

Figura 36 - Coleta do ponto I4



Fonte - O autor

Figura 37 - Coleta do ponto I5



Fonte - O autor

Figura 38 - Coleta do ponto I6

Fonte - O autor

Figura 39 - Coleta do ponto I7

Fonte - O autor

Figura 40 - Coleta do ponto I8

Fonte - O autor

5. RESULTADOS

Do levantamento da poligonal, foram obtidas as coordenadas dos pontos que serviram de apoio a determinação das coordenadas de limítrofes do Mercado Público do Paudalho. A tabela 14, mostra as coordenadas planialtimétricas da poligonal, obtidas utilizando o método de cálculo convencional, em projeção UTM, fuso 25S:

Tabela 14 – Dados da poligonal pelo método convencional de Levantamento Topográfico

Nome	E (m)	N (m)	H (m)
P2	260103,5500	9126502,2070	71,1071
P1	260029,9360	9126510,1690	71,8131
V1	260040,8761	9126480,6179	71,6515
V2	260023,9476	9126454,6997	70,9731
V3	260021,6997	9126432,8791	70,7431
V4	260035,4694	9126381,3732	70,6866
V5	260090,1389	9126363,4102	68,9045
V6	260091,8217	9126427,3391	69,4346
V7	260085,9525	9126478,0349	71,2995

Fonte - O autor

A tabela 15, apresenta as coordenadas tridimensionais dos vértices irradiados do Mercado Público, calculados utilizando o método de cálculo convencional:

Tabela 15 - Dados da irradiação pelo método convencional de Levantamento Topográfico (continua)

Nome	E (m)	N (m)	H (m)
I1	260084,4967	9126415,4156	70,2418
I2	260084,7768	9126419,1777	70,1965
I3	260085,8956	9126440,5845	70,3534
I4	260085,9487	9126444,0142	70,4231
I5	260039,7467	9126446,7254	70,7023
I6	260039,6017	9126443,1778	70,6027
I7	260038,4666	9126421,7563	70,5883

Tabela 15 - Dados da irradiação pelo método convencional de Levantamento Topográfico (conclusão)

I8	260038,2840	9126418,2590	70,5664

Fonte - O autor

Também se calculou-se as coordenadas desses pontos por meio ajustamento das observações, utilizando o método dos mínimos quadrados para coordenadas UTM, para se obter as precisões das coordenadas. A tabela 16, mostra as coordenadas da poligonal e das irradiações dos limites da parcela de estudo, bem como suas respectivas precisões:

Tabela 16 - Dados da poligonal e da irradiação após o ajustamento pelo MMQ, em coordenadas UTM

Nome	E (m)	N (m)	σ_E (m)	σ_N (m)
V1	260040,7886	9126480,5714	0,0570	0,0244
V2	260023, 8570	9126454,6518	0,0507	0,0340
V3	260021,6038	9126432,8324	0,0497	0,0443
V4	260035,3573	9126381,3173	0,0514	0,0483
V5	260090,0359	9126363,3260	0,0389	0,0492
V6	260091,7540	9126427, 2905	0,0284	0,0443
V7	260085,9128	9126478,0264	0,0232	0,0314
I1	260084,3884	9126415,3146	0,0313	0,0369
I2	260084,6629	9126419,0841	0,0341	0,0357
I3	260085,8302	9126440,5489	0,0368	0,0393
I4	260085,8864	9126443,9774	0,0349	0,0394
I5	260039,7149	9126446,7209	0,0398	0,0397
I6	260039,5805	9126443,1683	0,0398	0,0395
I7	260038,4431	9126421,6558	0,0434	0,0473
I8	260038,2460	9126418,1542	0,0453	0,0467

Fonte - O autor

A seguir, temos a tabela 17, contendo as coordenadas limítrofes do Mercado Público, obtidas por meio do processamento de dados LiDAR do PE3D, em projeção UTM, fuso 25S:

Tabela 17 - Dados dos pontos limites do Mercado Público do Paudalho, a partir dos dados de LiDAR

Nome	E (m)	N (m)
I1	260084,960	9126415,770
I2	260085,050	9126418,700
I3	260085,840	9126439,930
I4	260085,530	9126443,880
I5	260039,440	9126447,000
I6	260039,530	9126442,810
I7	260038,320	9126421,260
I8	260038,350	9126418,400

Fonte - O autor

Com isso, temos as discrepâncias entre as coordenadas obtidas pelos dados coletados por topografia e pelo PE3D, mostrados na tabela 18:

Tabela 18 - Discrepências entre as coordenadas pelo metodo de topografia/geodésia e utilizando os dados do PE3D

Nome	Discrepâncias E (m)	Discrepâncias N (m)	Discrepância Resultante (m)
I1	-0,5716	-0,4554	0,7308
I2	-0,3871	0,3841	0,5453
I3	-0,0098	0,6189	0,6190
I4	0,3564	0,0974	0,3695
I5	0,2749	-0,2791	0,3917
I6	0,0505	0,3583	0,3618
I7	0,1231	0,3958	0,4145
I8	-0,1040	-0,2458	0,2669

Fonte - O autor

Para uma melhor analise, foi calculado além das discrepâncias, as médias e os desvios padrões. Esses parâmetros são mostrados na tabela 19.

Tabela 19 - Média das discrepâncias entre as coordenadas pelo metodo de topografia/geodésia e utilizando os dados do PE3D

Média das discrepâncias em E (m)	Média das discrepâncias em N (m)	Média das discrepâncias resultantes (m)	Desvio Padrão em E (m)	Desvio Padrão em E (m)	Desvio padrão da discrepância resultante (m)
0,2347	0,3543	0,4624	0,1954	0,1541	0,1548

Fonte - O autor

Observa-se que, a diferença média, entre as coordenadas obtidas pelas duas metodologias, aqui empregadas (Topografia/Geodésia e dados LiDAR), é de 23 cm para o eixo E, e 35 cm para o eixo N, com a discrepância mínima e máxima, sendo respectivamente 9,8 mm e 61 cm.

A média das discrepâncias resultante igual a 46 cm, foi superior ao especificado no produto do PE3D, para o perfilhamento a laser na escala de 1:5000, que é de 25cm.

6. CONCLUSÕES

Diante disso, observa-se que este estudo possibilitou algumas das diversas analises que podem ser abordas a respeito do cadastro urbano que virá a ser implantado por meio do SINTER.

Muitos problemas foram enfrentados neste trabalho, na realização da metodologia que envolvia essas técnicas. Como exemplos pode-se citar: falta de informações das pessoas a respeito do que se estava realizando, acarretava em uma série de perguntas a equipe, sobre o mesmo, de forma a atrasar o trabalho; a quantidade de pessoas trafegando na área, onde crianças batiam no tripé, mesmo com a instalação de cones ao redor; a presença de veículos que, constantemente estacionavam em locais, entre a Estação Total e o prisma, de forma que passava-se vários minutos com o trabalho interrompido, ou se implantava mais pontos em outros locais, realizando outro trajeto, para "driblar" esse problema, entre outras coisas.

Foram realizados testes na região central do município do Paudalho, mais precisamente no Mercado Público do Paudalho, mostrando a dificuldade deste tipo deste tipo de levantamento em áreas com grande trafego de veículos e pessoas.

Analisou-se formas de obtenção dos vértices que limitam a parcela em questão, utilizando Topografia e Geodésia, bem como os dados do PE3D (ortofotos e perfilhamento a laser), a fim de servir como auxílio aos órgãos que estão à frente da implantação do SINTER.

Na determinação da precisão a ser estabelecida para o cadastro urbano, deve-se levar em consideração, o árduo trabalho a ser executado, somente utilizando técnicas de topografia e geodésia. Diante disso, torna-se necessário analisar a possibilidade de uso de classes de precisão, assim como existe para o cadastro rural.

Dessa forma, diante das dificuldades na realização deste tipo de trabalho, se faz necessário, "pesar" a grande demanda de cadastro territorial que virá por meio do SINTER, em relação as variáveis tempo e precisão. A realização do cadastro territorial no Brasil, utilizando apenas técnicas de topografia e geodesia pode se tornar inviável, devido ao tempo que levaria até a conclusão, bem como pelo fato das dificuldades aqui mostradas.

Outra questão que deve ser levada em consideração no uso do LiDAR é a questão da classificação das ortofoto cartas e do MDT geradas pelo PE3D em relação ao padrão de exatidão cartográfica (PEC), uma vez que esses ´produtos darão subsídio a informação geométrica e

posicional das parcelas cadastrais identificáveis.

Com isso a utilização de técnicas a partir de dados LiDAR, fornecidos por exemplo, por meio do programa Pernambuco Tridimensional, poderá vir a ser uma alternativa para o cadastro das parcelas urbanas, por envolver uma alternativa que, apesar de possuir uma menor precisão, é claramente mais rápida em relação a Topografia e Geodésia convencional, deste que o SINTER, defina classes de precisão para limites cadastrais de difícil acesso.

REFERÊNCIAS

BALTSAVIAS, E. P. Airbone laser scanning: basic relations and formulas. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 54. nº 2-3, p. 199-214. 1999. Disponível em: <http://www2.geog.ucl.ac.uk/~mdisney/teaching/teachingNEW/PPRS/papers/Baltsavias_Lidar.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

BARROS, E. R. O; CARNEIRO, A. F. T. Uma proposta de controle de qualidade de informações cadastrais de imóveis rurais. **Revista Brasileira de cartografia (2013)**, nº 65/2: 265-281. ISSN: 1808-0936. 2012. Disponível em: <http://lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/563/567>. Acesso em: 17 nov. 2018.

BOTELHO, M. F. **Modelagem tridimensional de edificações usando dados do sistema laser scanner e imagem orbital de alta resolução espacial.** Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/36390629-Mosar-faria-botelho-modelagem-tridimensional-de-edificacoes-usando-dados-do-sistema-laser-scanner-e-imagem-orbital-de-alta-resolucao-espacial.html>. Acesso em: 21 dez. 2018.

BOTELHO, M. F; SILVA, C. R; SCHOENINGER, E. R; CENTENO, J. A. S. Comparação dos resultados de interpoladores vizinho mais próximo e inverso de uma distância no cálculo de volume a partir de dados do laser scanner. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**. 2005. Goiânia. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 731-736. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.20.47/doc/731.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2018.

BRANDÃO, A. C. **O princípio da vizinhança geodésica no levantamento cadastral de parcelas territoriais.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis. 2003. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/85669>. Acesso em: 17 nov. 2018.

BRASIL. Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira. **Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967.** Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0243.htm>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Portaria nº 511, de 7 de dezembro de 2009.** Dispõe sobre a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. [ISSN 1676-2339]. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/Portaria_511_PROEXT.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais. **Decreto nº 8764, de 10 de maio de 2016.** Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei n. 11.977, de 7 de julho de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8764.htm>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. **Lei n° 13.465, de 11 de julho de 2017.** Regularização fundiária rural e urbana.

Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm>. Acesso em: 09 dez. 2018.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Geodésia. **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP.** Rio de Janeiro. Versão: abril 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual_ppp.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

BRASIL. Receita Federal. Manual Operacional do SINTER. **Módulo de informações registrais e notariais – Modelo de comunicação.** v. 1.0. 26 de outubro de 2017. Disponível em: <http://idg.receita.fazenda.gov.br/sinter/manuais-operacionais/arquivos-e-imagens/manual-operacional-sinter-modelo-de-comunicacao-v1_0.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. Receita Federal. Manual Operacional do SINTER. **Módulo de informações registrais e notariais – Modelo de dados.** v. 1.0. 19 de outubro de 2017. Disponível em: <http://idg.receita.fazenda.gov.br/sinter/manuais-operacionais/arquivos-e-imagens/manual-operacional-sinter-modelo-de-dados-registrais-e-notariais-v1_0.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. Receita Federal. **Portaria interministerial MF / MPOG Nº 553, de 18 de dezembro de 2017.** Estabelece as diretrizes e políticas gerais a serem observadas na administração do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=88774>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. Normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana – Reurb. **Decreto n° 9.310, de 15 de março de 2018.** Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9310.htm>. Acesso em: 09 dez. 2018.

BRASIL. Casa Civil da presidência da República. **Portaria nº 1091, de 20 de julho de 2018.** Dispõe sobre a publicação do Manual Operacional do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (Sinter) instituído pelo Decreto nº 8.764, de 10 de maio de 2016. Disponível em: <http://www.imprensanacional.gov.br/web/guest/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/33678642/do1-2018-07-23-portaria-n-1-091-de-20-de-julho-de-2018-33678635>. Acesso em: 15 set. 2018.

CABRAL. P. **Erros e incertezas nas medições**. 2008. Disponível em: <http://www.peb.ufrj.br/cursos/ErrosIncertezas.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2018.

CARLOS, I. S. C. **Topografia aplicada à engenharia civil (17. ed. rev. amp.).** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2016. Disponível em: <http://biblioteca.univap.br/dados/000020/0000201a.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

CENTENO, J. A. S; BÄHR, H. Opções para coleta e visualização de dados para o cadastro técnico multifinalitário. COBRAC. In: 8º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. **Anais 8º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial.** UFSC. Florianópolis. 19 a 23 de outubro de 2008. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~centeno/publications/download/2008/cobrac2008_centeno.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

CENTENO, J. A. S; MITISHITA, E. A. Laser scanner aerotransportado no estudo de áreas urbanas: a experiência da UFPR. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis - Brasil. 21-26 de abril de 2007. INPE. p. 3645-3652. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.00.45/doc/3645-3652.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

CENTENO, J. A. S.; DAROS R.; GARZÓN, J. P. **Extração de dtm e detecção de construções em áreas urbanas usando lidar.** In: XII Congresso Brasileiro de cadastro técnico multifinalitário – COBRAC. **Anais 12° Congresso Brasileiro de cadastro técnico multifinalitário**. 2016. Disponível em: <http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/view/307/66>. Acesso em 17 dez. 2018.

CORDINI, J. **Ajustamento das observações.** Apostila, cap. 2. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2014. Disponível em: <http://topografia.paginas.ufsc.br/files/2014/09/Ajustamento-Cap2.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2018.

CORRÊA, I. C. S. **Topografia aplicada a engenharia civil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 8. ed., 2006. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6763788/topografia-aplicada-a-engenharia-civil>. Acesso em: 05 dez. 2018.

CROMBAGHS, M.J.E.; BRUGELMAN, R.; DE MIN, E.J. On the adjustment of overlapping strips of laser altimeter height data. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.** Amsterdam. v. XXXIII. Part B3. p. 230-237. 2000. Disponível em: < http://www.isprs.org/proceedings/Xxxiii/congress/part3/230_XXXIII-part3.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

DALMOLIN, Q; SANTOS, D. R. **Sistema Laserscanner:** conceitos e princípios de funcionamento. 3. ed. UFPR. Curitiba/PR – Brasil. 2004. p. 97.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9. ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

FONSECA, B. M; MOURA, A. C. M; RIBAS, R. P; CARVALHO, G. A. Cadastro 3D como base para a modelagem paramétrica da paisagem urbana. COBRAC 2014. In: 11º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário. **Anais 11º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário.** UFSC. Florianópolis. 12 a 16 de outubro de 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Ana_Clara_Moura/publication/297730709_3D_Cadastre_as_basis_to_Parametric_Modeling_of_Urban_Landscape/links/56fd9eb308aea6b77466eed5/3D-Cadastre-as-basis-to-Parametric-Modeling-of-Urban-Landscape.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

FREITAS, S. R. C; BLITZKOW, D. **Altitudes e geopotencial.** IGeS Bulletin nº 9 – International Geoid Service. Milan. p. 47-62. Junho de 1999. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/galera/FGL/Altitude-e-Geopotencial.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

GALVANIN, E. A. dos S.; DAL POZ, A. P. Sistema LiDAR e métodos de interpolação de dados. **Revista de Geografia (UFPE)** V. 30, N. 1. 2013. Disponível em:<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228943>. Acesso em: 24 set. 2018.

GAMA, L. F; SEIXAS, A; MORAES, J. N; SILVA, E. V; GALVÃO, T. B. Controle de qualidade de levantamentos cadastrais para a homogeneização de parcelas territoriais urbanas. **Revista Brasileira de Cartografia (2015)**, n. 67/2, p. 411-433. 2014. Disponível em: <http://www.rbc.lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/801>. Acesso em: 17 nov. 2018.

GAMA, L. F.; SEIXAS, A. de; SOUZA, A. M. B. de. Implantação e análise de estruturas geodésicas planimétricas obtidas por GPS e estação total: aplicações em levantamentos cadastrais urbanos. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64/2, p. 227-247. 2012.

GEMAEL, C. **Introdução a geodésia física**. Editora da UFPR. Curitiba. 1999.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. PE3D. **Pernambuco Tridimensional.** Disponível em: <http://www.pe3d.pe.gov.br/>. Acesso em: 24 set. 2018.

Grupo Governança da Terra. **Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER.** Unicamp. Campinas-SP. Disponível em: <http://governancadeterras.com.br/2017/wp-content/uploads/2018/03/Sistema-Nacional-de-Gesta%CC%83qo-de-Informac%CC%A7o%CC%83es-Territoriais-SINTER.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

HELMERT, F. R. **Mathematical and physical theories of higher geodesy, part 1, preface and the mathematical theories.** 1880. Disponível em: <https://zenodo.org/record/32050#.W_CSu-hKjIU>. Acesso em: 17 nov. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Modelo de ondulação geoidal.** Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm>. Acesso em: 15 set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução PR nº 22, de 21 de julho de 2018. **Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos em território brasileiro.** Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/bservico1602.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

INCRA. **Manual técnico de posicionamento:** georreferenciamento de imóveis rurais. Brasília. 2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2018.

INVTUR-PE. **Inventario turístico de Pernambuco**. Empresa de turismo de Pernambuco – EMPETUR. Ficha do Município do Paudalho. 2017. Disponível em: <http://inventariope.blogspot.com/2017/10/paudalho-ficha-do-municipio-prefeitura.html>.

Acesso em: 02 dez. 2018.

KARSENTY, A.; ANTUNES, A. F. B.; CENTENO, J.A.S. Classification orientee objet de la permeabilite des sols en zone urbaine a l'aided'imagerietres haute resolution et de donnees laser scanner a Curitiba (Brasil). In: XIII SBSR - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **Anais do XIII SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** 2007. v. 1, p. 565-572.

KRUEGER, C. P; HUINCA, S. C. M; MAIA, O. C. **Método de posicionamento absoluto, qual precisão pode ser obtida atualmente?.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – SIMGEO. **Anais III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.** p, 001-009. Recife – PE. 27-30 de julho de 2010. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Cad_Geod_Agrim/Geodesia%20e%20Agrimensura/A_11.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2018.

LARA, J. V. H; NERIS, F. L. **Analise da qualidade geométrica da planta cadastral urbana gerada a partir da imagem aérea obtida com VANT.** Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. 2017. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/5910>. Acesso em: 17 nov. 2018.

Manual do LiDAR360. **Classify Ground Points.** Disponível em: <https://greenvalleyintl.com/wp-content/lidar360_en/ToolReference/Classify/ClassifyGroundPoints.html>. Acesso em: 18 dez. 2018.

MATOS, A. C. O. C. **Implementação de modelos digitais de terreno para aplicações na área de geodésia e geofísica na América do Sul**. 355 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da USP, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-10102005-104155/pt-br.php>. Acesso em 21 dez. 2018.

MENDONÇA, F. J. B. **Notas de aula – Ajustamento das observações.** UFPE. 2016.

Métrica. **50 dúvidas sobre o SINTER – Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais.** Disponível em: <http://nuvem.portalagrimensura.com/download/dXBsb2Fkcy9hcnRpZ29zL3NpbnRlci01MC1kdXZpZGFzLXdlYm5hci1tZXRyaWNhdG9wby5wZGY=/h/e67399d5f1c60f9f4c55407ce3fdbf4c>. Acesso em: 15 set. 2018.

MIQUELES, M.; CENTENO, J.A.S. Extração de edificações em ambientes urbanos utilizando imagem de alta resolução e dados do laser scanner. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** 2005.

MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. **Observations and least squares**. University Press of America, 1976. 497 p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamento e aplicações.** 2. ed. Editora UNESP. São Paulo. 2007.

MONICO, G..J. **Posicionamento pelo GNSS:** Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo,

Unesp 2 ed., 2008.

MORAES, C. V. Caracterização de estremas no espaço geométrico: fundamentos jurídicos e geodésicos. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº. 53, p. 1-15, 2001.

N. El-Sheimy, **Digital terrain modeling.** Calgary. 1999.

NBR 13133. **Execução de levantamento topográfico.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1994. Disponível em: <http://www.carto.eng.uerj.br/cdecart/download/NBR13133.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

TOMMASELLI, A. M. G. Um Estudo Sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3D a Curta Distância. **GEODÉSIA Online - Revista da Comissão Brasileira de Geodésia.** 4 / 2003 [ISSN 1415-1111]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319203931/download>. Acesso em:15 set. 2018.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos da topografia.** Universidade Federal do Paraná – UFPR. 2012. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2018.

VEIGA, A. K; CARTOLANO JR, E. A; SARAIVA, A. M. **Data quality control in biodiversity informatics:** the case of species occurrence data. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 12, NO. 4, JUNE 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/264387406_Data_Quality_Control_in_Biodiversity_Informatics_The_Case_of_Species_Occurrence_Data>. Acesso em: 20 dez. 2018.

WARBURTON, R. **How UAV LiDAR works.** COPTRZ (Commercial Drone Experts). 29 de janeiro de 2018. Disponível em: <https://www.coptrz.com/uav-lidar-next-big-thing-surveying/how-lidar-works/>. Acesso em: 15 set. 2018.

WEIDNER, U.; FÖRSTNER, W. Towards automatic building reconstruction from high-resolution digital elevation models. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 50, n. 4, p.38-49, 1995.

YANO, M. S; DAL POZ, A. P; Mendes, T. S. G. Modelagem das faces de telhados de edifícios a partir de dados de varredura a laser. In: VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. **Anais VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas.** Curitiba, 3 a 5 de dezembro de 2013.

ZANARDI, R. P; SCHNEIDER, A. H; SALOMONI, T. R; SALOMONI, C. S; REISS, M. L. L. Validação da qualidade do perfilhamento a laser aerotransportado da cidade de Porto Alegre. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.** Foz do Iguaçu/PR, Brasil. 13 a 18 de abril de 2013. INPE. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.25/doc/p1103.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

ZANETTI, M. A. Z. **Geodésia.** Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba. 2007

ZHAO, X; GUO, Q; SU, Y; XUE, B. Improved progressive TIN densification filtering algorithm for airborne LiDAR data in forested áreas. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 117, (2016), p.79–91. Disponível em: <http://or.nsfc.gov.cn/bitstream/00001903-5/447349/1/9913511826.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2018.

ANEXO A – MONOGRAFIA DO PONTO P1

Marco	Data da ocupação	Localização cartográfica
P1	11/10/2018	MC -33° / Fuso 25S

Município de Paudalho - PE	
Coordenadas Geodésicas – SIRGAS 2000	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000
φ = -7° 53’ 47,6478”	E = 260029,936 m
λ = -35° 10’ 35,5813”	N = 9126510,169 m
h = 66,46 m	h = 66,46 m
H = 71,813 m	H = 71,813 m

FOTOGRAFIAS

LOCALIZAÇÃO E MATERIALIZAÇÃO
O ponto P1, localiza-se na esquina do Fórum Ministro Petrônio Portela, na interseção entre a rua Conselheiro João Alfredo e Dr. Antônio Montenegro. Ponto materializado por placa de metal, padrão INCRA.

ANEXO B – MONOGRAFIA DO PONTO P2

Marco	Data da ocupação	Localização cartográfica
P2	11/10/2018	MC -33° / Fuso 25S

Município de Paudalho - PE	
Coordenadas Geodésicas – SIRGAS 2000	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000
φ = -7° 53’ 47,9194”	E = 260103,550 m
λ = -35° 10’ 33,1802”	N = 9126502,207 m
h = 65,77 m	h = 65,77 m
H = 71,107 m	H = 71,107 m

FOTOGRAFIAS

LOCALIZAÇÃO E MATERIALIZAÇÃO

O ponto P2, localiza-se na esquina do Clube Lenhadores do Paudalho, na interseção entre a rua Dr. José Mariano e Genuíno da Silva. Ponto materializado por placa de metal, padrão INCRA.

ANEXO C – PROGRAMAÇÃO MMQ

As programações utilizadas, baseiam-se nas notas de aula do professor Dr. Francisco Jaime Bezerra Mendonça e encontram-se no link: <https://1drv.ms/f/s!AvYA21C7Ys1ojwA4buF9YdxIzOBp>. Estão disponíveis o algoritmo de programação principal chamado de “Ajustamento_Poligonal”, bem como as funções de cálculo de azimute e derivadas parciais, que o complementam, denominadas de “azimute” e “DANG”, em formato .txt.