

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JHONATA RANGEL FERNANDES SIRQUEIRA

**IMPLANTAÇÃO DE UM MARCO GEODÉSICO NO CAMPUS PAULO VI DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

São Luís

2019

JHONATA RANGEL FERNANDES SIRQUEIRA

**IMPLANTAÇÃO DE UM MARCO GEODÉSICO NO CAMPUS PAULO VI DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da
Universidade Estadual do Maranhão para o grau de
Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de Azevedo

São Luís

2019

Sirqueira, Jhonata Rangel Fernandes.

Implantação de um marco geodésico no Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão / Jhonata Rangel Fernandes Sirqueira. – São Luís, 2019.

86f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Arnaldo Pinheiro de Azevedo.

1.Topografia. 2.Marco geodésico. 3.GNSS. I.Título

CDU: 528.4(812.1)

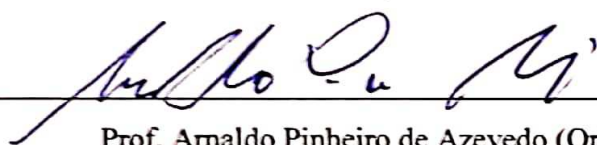
JHONATA RANGEL FERNANDES SIRQUEIRA

**IMPLANTAÇÃO DE UM MARCO GEODÉSICO NO CAMPUS PAULO VI DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da
Universidade Estadual do Maranhão para o grau de
Bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA



Prof. Arnaldo Pinheiro de Azevedo (Orientador)

Especialista em Geoprocessamento e Georreferenciamento

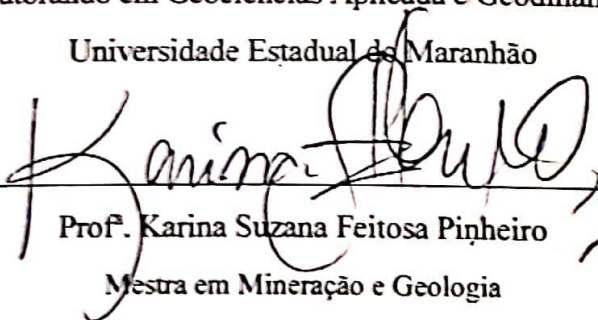
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Claudio José da Silva de Sousa

Doutorando em Geociências Aplicada e Geodinâmica

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Karina Suzana Feitosa Pinheiro

Mestra em Mineração e Geologia

Universidade Estadual do Maranhão

A Deus Jeová todo poderoso cujo filho é nosso salvador.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Jeová, por permitir, por sua infinita misericórdia, a realização de mais uma etapa de vida.

A minha amada esposa Anna Caroline Barros Costa Fernandes pelo incentivo e compreensão dos momentos de nossa ausência.

Ao professor da UEMA Arnaldo Pinheiro de Azevedo meu orientador neste trabalho, ao qual foi essencial o incentivo e apoio para a elaboração tanto escrita quanto prática deste trabalho.

Aos meus familiares e amigos pelo incentivo e pela confiança depositada.

Aos meus colegas de turma e da universidade pelo incentivo, apoio e colaboração.

Aos funcionários do laboratório de topografia, Junior e George, da Universidade Estadual do Maranhão, pela ajuda na realização deste trabalho.

A todos os funcionários da Universidade Estadual do Maranhão que trabalham para manter as atividades em perfeito funcionamento, desde a limpeza até a administração.

“A vida é como topografia. Há picos de felicidades e sucessos, pequenos campos da chata rotina e vales de frustrações e fracassos...”

Calvin e Haroldo

RESUMO

São Luís - MA conta, até o início de 2019, com apenas cinco marcos planimétricos vinculados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), sendo três desses localizados na região dos portos, um marco que serve como estação da RBMC próximo ao INPE, nas dependências da UEMA, e uma estação, atualmente desativada, que está localizada no telhado do CCT, da UEMA tornando difícil seu acesso. A quantidade marcos é pequena se comparado à área total do município e possui uma má distribuição espacial, o que acaba comprometendo o seu desempenho. Devido à importância dos marcos no apoio a levantamentos geodésicos, este trabalho tem por objetivo a implantação de um novo marco geodésico com dados planimétricos no campus Paulo VI, da Universidade Estadual do Maranhão. Para tal, executou-se um levantamento por ponto preciso com receptor de dupla frequência de acordo com normas estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A metodologia empregada culminou com materialização do marco geodésico UEMA-DDR-001, que quando homologado contribuirá para o adensamento da rede de pontos do SGB em São Luís e para a melhoria da distribuição espacial das mesmas.

Palavras-chave: Topografia. Marco Geodésico. GPS.

ABSTRACT

São Luís - MA counts until the beginning of 2019, with only five planimetric landmarks linked to the Brazilian Geodetic System (SGB), three of which are located in the region of the ports, a landmark that serves as a RBMC station near INPE in the UEMA and a station that is located on the roof of the CCT of the UEMA making it difficult to access. The number of landmarks is small compared to the total area of the municipality and its spatial distribution is also disorganized. Due to the importance of the landmarks in support of geodetic surveys, this work has the purpose of implementing a new geodesic landmark with planimetric data on the Paul VI campus of the State University of Maranhão (UEMA). For that, a precise point survey with double-frequency receiver was performed according to standards established by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The methodology used culminated with the materialization of the geodetic landmark UEMA-DDR-001, which, when homologated, will contribute to the densification of the SGB points network in São Luís and to improve the spatial distribution of these points.

Keywords: Topography. Geodetic Landmark. GPS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Pirâmide (A) representada planimetricamente (B), altimetricamente (C) e planialtimetricamente (D).....	20
Figura 02: Representação do plano topográfico e da superfície da Terra	22
Figura 03: Projeção cartográfica cilíndrica (A), cônica (B) e plana (C)	23
Figura 04: Projeção UTM, secante ao globo terrestre.	24
Figura 5: Superfícies de Referencia.....	26
Figura 06: Representação do sistema de coordenadas cartesianas bidimensional, onde a origem do sistema está em “O” e A (10,10), B (15,15) e C (20,-15) são pontos representados no sistema.	28
Figura 07: Representação do sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, onde a origem do sistema está em “O” e P (x,y,z) é um ponto representado no sistema.	29
Figura 08: Representação do sistema de coordenadas esféricas, onde a origem do sistema está em “O” e P (r, α , β) é um ponto representado no sistema	29
Figura 09: Sistema de Coordenadas Geodésicas	30
Figura 10: Altura no Sistema de Coordenadas Geodésicas.....	31
Figura 11: Fusos do Sistema UTM.....	31
Figura 12: Detalhes de um Fuso UTM	32
Figura 13: Azimute.....	34
Figura 14: Azimute dos Alinhamentos 0-1, 1-2, 2-3 e 3-0.....	34
Figura 15: Rumos	35
Figura 16: Rumos dos Alinhamentos 0-1, 1-2, 2-3 e 3-0	35
Figura 17: Rosa dos Ventos.....	36
Figura 18: Teodolito Óptico (A) e Teodolito Eletrônico (B)	37
Figura 19: Níveis de Luneta	38
Figura 20: Distânciômetro de Uso Isolado	38
Figura 21: Estação Total.....	39
Figura 22: Receptores GNSS.....	40
Figura 23: Exemplos de precisão e acurácia	41
Figura 24: Constelação NAVSTAR – GPS.....	45
Figura 25: Componentes notáveis de um receptor GNSS	46
Figura 26: Posicionamento Absoluto Estático	47
Figura 27: Posicionamento Relativo Estático e Estático-Rápido	48

Figura 28: Método Semicinemático e Cinemático	49
Figura 29: Site IBGE-PPP	51
Figura 30: Processamento IBGE-PPP	52
Figura 31: Estações de Satélites GPS na UEMA	55
Figura 32: Demais Estações de Satélites GPS de São Luís	56
Figura 33: Equipamentos para o rastreamento	58
Figura 34: Localização de São Luís (escala e orientação representativa)	59
Figura 35: Localização do Marco Geodésico dentro da UEMA	59
Figura 36: Localização do Marco Geodésico	60
Figura 37: Limpeza e Início das Escavações	60
Figura 38: Medidas do Marco Geodésico	61
Figura 39: Molde do Tronco de Pirâmide e Forma da Base Superior	61
Figura 40: Escavação concluída e forma colocada	62
Figura 41: Marco Pronto	62
Figura 42: Chapa com o Ponto Geodésico	63
Figura 43: Receptor TRIMBLE R4-3 coletando dados GNSS, alimentado por bateria automotiva.	64

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 01: Escalas da NBR 8.196/99	25
Quadro 01: Características do SIRGAS2000	27
Quadro 02: Classes dos MED's	39
Quadro 03: Classes de Estação Total	39
Quadro 4: Tempo e Precisão do IBGE-PPP	51
Quadro 05: Modelos de Marcos Geodésicos do IBGE.....	54
Quadro 6: Intervalos de observações para o marco geodésico UEMA-DDR-001	63
Quadro 07: Processamento dos dados da Observação 01.....	65
Quadro 08: Processamento dos dados da Observação 02.....	65
Quadro 09: Processamento dos dados da Observação 03.....	65
Quadro 10: Processamento dos dados da Observação 04.....	65
Tabela 11: Tabela com as coordenadas em projeção UTM da estação implantada por Oliveira e Statella: conforme coordenadas médias obtidas via PPP, coordenadas obtidas via processamento próprio usando a RBMC e homologada pelo IBGE.	67

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CCT – Centro de Ciências Tecnológicas

CGED - Coordenação de Geodésia do IBGE

DGC - Diretoria de Geociências do IBGE

GALILEU - Sistema Global de navegação por Satélite (União Europeia)

GLONASS - Sistema Global de navegação por Satélite (Rússia)

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPS - Global Positioning System

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MC - Meridiano Central

MED - Medidor Eletrônico de Distância

NAVSTAR - Navigation Satellite with Time and Ranging

NBR - Norma Brasileira

PPP - Posicionamento por Ponto Preciso

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RN - Referência de Nível

RTK - Real Time Kinematic

RMT - Regional Transverso de Mercator

SGB - Sistema Geodésico Brasileiro

BDG - Banco de Dados Geodésicos

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UEMA - Universidade Estadual do Maranhão

UTM - Universal Transverso de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO LITERÁRIA	18
2.1	Breves Tópicos de Topografia	18
2.1.1	Conceitos de levantamentos topográficos	19
2.1.2	Geodésia	20
2.1.3	Limite de atuação da Topografia	21
2.1.4	Cartografia	22
2.1.4.1	<i>Projeções cartográficas</i>	23
2.1.5	Unidades de medidas	24
2.1.6	Escala	25
2.1.7	Sistemas de referências geodésicas	25
2.1.8	Sistemas de coordenadas	27
2.1.8.1	<i>Sistemas de coordenadas geodésicas</i>	30
2.1.8.2	<i>Sistemas de coordenadas U.T.M.</i>	31
2.1.9	Sistema Global de Navegação por Satélite	33
2.1.10	Orientação, rumos e azimutes.....	34
2.1.10.1	<i>Rosa dos Ventas</i>	35
2.1.11	Acessórios, instrumentos e equipamentos topográficos	36
2.1.11.1	<i>Teodolitos</i>	36
2.1.11.2	<i>Níveis</i>	37
2.1.11.3		

3.2	Correção de Dados Rastreados	50
3.2.1	IBGE-PPP	50
3.2.2	Aplicativos do mercado	52
3.3	Marco Geodésico	53
3.3.1	Marcos geodésico em São Luís/MA.....	54
4	MATERIAIS E MÉTODOS	57
4.1	Materiais	57
4.2	Metodologia	58
4.2.1	Reconhecimento da área e localização	58
4.2.2	Materialização do marco geodésico	60
4.2.3	Rastreio das coordenadas do marco geodésico	63
4.2.4	Pós-processamento dos dados	64
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	68
	REFERÊNCIAS	70

IBGE-PPP. **Serviço online para pós-processamento de dados GNSS - IBGE-PPP**. Disponível em: <
<http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>> Acesso em: 09 de maio de 2019. 72

ANEXO A

1 INTRODUÇÃO

Uma base de dados pode ser definida como um repositório de informações relacionadas com um determinado assunto ou finalidade, ou seja, uma coleção de dados ou informações formatadas de uma maneira que fica livre o seu acesso, atualização e outras opções de manuseio dos dados por meios manuais ou informáticos.

Kurimori (2012) disserta que uma base de dados, associado com um sistema de informações geográficas, é composta por uma interface com o usuário, inserção e assimilação de dados, análise espacial, consulta, visualização, armazenamento e impressão de dados.

Segundo Elias et al (2016) uma base de dados geodésicos é um conjunto de coordenadas geodésicas coletadas por meio de levantamentos através de métodos de posicionamento preciso. Esse conjunto de dados é disponibilizado online para que usuários possam manusear e usar como referência esses dados para seus projetos.

No Brasil, há o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) que possui um conjunto de informações acerca das estações de referência, que geralmente são materializadas por meio de obras de concreto, chamadas de marcos, com uma chapa incrustada no seu topo ou um dispositivo de centragem forçada. (BANCO DE DADOS GEODÉSICOS)

Em São Luís, existem no total apenas cinco estações planimétricas homologadas pelo IBGE, sendo destas três, marcos de concreto com chapa incrustada, uma pertence à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) e um uma estação localizada no telhado do prédio do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), que se encontra desativada. Sendo os três marcos com chapa incrustada localizadas próxima as regiões dos portos de Itaqui e Madeiras e os demais nas dependências da UEMA. Excluem-se destes dados os marcos altimétricos, ou Referências de Níveis (RN's), pois não são objetos de estudo desde trabalho. (BANCO DE DADOS GEODÉSICOS)

Esse trabalho consiste de uma proposta para um estudo aprofundado para a implantação de um marco geodésicos com chapa incrustada na área do Campus Paulo VI, da UEMA. Para tal, será materializado um marco de concreto com chapa incrustada e em seguida dar-se-á coleta de coordenadas planialtimétricas através do rastreamento de sinais do GNSS pelo método de posicionamento por ponto preciso e realização de pós-processamento

por meio de ferramenta online disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para tal, este trabalho apresenta em seu segundo capítulo uma revisão literária com a apresentação de conceitos básicos pertinentes ao objeto de estudo deste trabalho, desde a definição básica do que é Topografia, seus tipos de levantamentos, representações gráficas, sistema de coordenadas e conceito dos modernos Sistemas Globais de Navegação por Satélites (GNSS).

Para o terceiro capítulo deste trabalho, há o aprofundamento dos conceitos pertinentes ao GNSS, dando noções de seu funcionamento, apresentando os sistemas pertencentes ao GNSS, em especial o sistema GPS, e os tipos de posicionamentos para a obtenção de dados desse sistema. Por fim é visto alguns dos *softwares* ou aplicativos utilizados para o pós-processamento dos dados coletados do GNSS.

Logo em seguida, no quarto capítulo, serão apresentados os materiais, procedimentos e métodos para a implantação do marco geodésico com chapa incrustada. Será mostrado o local definido, as etapas para materialização do marco geodésico, a coleta dos dados do GNSS e o pós-processamento.

No quinto capítulo serão destacados os resultados obtidos segundo os procedimentos do capítulo anterior. Iniciará também uma discussão acerca dos dados encontrados em outros trabalhos com o mesmo objetivo e confronta-los com os obtidos neste trabalho. Por fim, no sexto capítulo, serão apresentadas as conclusões e recomendações acerca dos procedimentos e resultados evidenciados neste trabalho.

Atualmente, devido à necessidade de maior precisão nos levantamentos topográficos atuais, o uso de marcos geodésico com coordenadas UTM e/ou geográficas servirão como pontos confiáveis para qualquer levantamento geodésico que necessitarem dos dados.

O campus Paulo IV, da UEMA, não possui um marco geodésico. Existe uma estação RBMC que até então não esta homologada. Além disso, por se tratar de um local com acesso ao público em geral, facilitará a sua localização e também terá maior segurança para os usuários por ser um ambiente mais formal em termos de atividades sociais.

Por ser tratar de um marco de concreto com chapa incrustada no topo, qualquer profissional interessado pode estacionar seu receptor GNSS para executar a atividade que desejar, como levantamentos planimétricos e locações.

Na UEMA, devido aos cursos de Engenharia Agrônômica, Engenharia Civil e Engenharia de Pesca possuem disciplinas relacionadas à Topografia, os professores e alunos podem empregar o marco geodésico e entender sua importância como referência planimétrica.

Dessa forma, o marco geodésico contribui tanto para fins de ensino e pesquisa, que são os meios acadêmicos, como também para o uso em projetos profissionais, trazendo benefícios para a engenharia civil local.

Este é o objetivo deste trabalho, estabelecer um marco geodésico no campus da Universidade Estadual do Maranhão, servindo como referência geodésica para atividades da Geografia, Cartografia e Engenharia, bem como da Topografia, Geodésia e Agrimensura.

Como objetivos específicos esse trabalho busca materializar marco geodésico que servirá de referência geodésica para projetos de engenharia quer sejam acadêmicos, quer sejam profissionais. Disponibilizar uma referência geodésica para levantamentos topográficos que necessitem de pelo menos um ponto de coordenadas conhecidas e proporcionar um documento com orientações para implantação de marcos geodésico.

2 REVISÃO LITERÁRIA

Será mostrada uma revisão literária com a apresentação de conceitos básicos pertinentes ao objeto de estudo deste trabalho. Iniciando pela definição básica do que é Topografia, seus tipos de levantamentos, representações gráficas, sistema de coordenadas e conceito dos modernos Sistemas Globais de Navegação por Satélites (GNSS).

2.1 Breves Tópicos de Topografia

A trajetória da Topografia encontra-se profundamente ligada à da civilização. A partir do momento no qual o homem criou o conceito de direito à propriedade, veio à preocupação em como fazer para definir suas divisas. Ao longo da história das civilizações, Silva e Segantine (2015, p. 03-04) elucidam que:

[...] Fontes históricas comprovam que os babilônios já praticavam algum tipo de topografia por volta de 2.500 a.C. Evidências arqueológicas também revelaram que, nessa mesma época, existiram trabalhos topográficos na Índia e na China. Há, ainda, evidências de trabalho topográficos no Egito desde aproximadamente 1.400 a.C, com aplicações na demarcação de terras para fins de estimativas da produção agrícola e cobrança de impostos. No período do Império Romano foi realizado grande avanços na Topografia, principalmente na implantação de projetos nas construções das cidades, estradas, acampamentos e rotas militares. (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 03-04)

Fica evidente que a Topografia foi imprescindível para o desenvolvimento das civilizações ao longo dos anos, principalmente com o seu crescimento durante o Império Romano, com grandes contribuições para a expansão deste. Ainda, segundo Silva e Segantine (2015, p. 04), a palavra topografia vem do grego “*topos graphein*” que significa “descrever o lugar”, portanto a Topografia é a uma ciência que estuda a descrição de um lugar e como representa-lo graficamente. Nesse sentido, assim afirma Tuler e Saraiva (2014, p. 02):

A Topografia é a ciência baseada na geometria e na trigonometria plana, que utiliza de medidas horizontais e verticais para obter a representação em projeção ortogonal sobre um plano de referência dos pontos capazes de definir a forma, a dimensão e os acidentes naturais e artificiais de uma porção limitada do terreno. (TULER; SARAIVA, 2014, p. 02)

Dando prosseguimento à conceituação da Topografia, a mesma possui duas divisões: Topologia e Topometria. Entende-se como Topologia a parte da Topografia que estuda as formas exteriores da superfície da Terra e como fazer a sua modelagem. Já a

Topometria é parte da topografia que tem como estudo as medições de componentes característicos de uma determinada área. A Topometria se ramifica em Planimetria, Altimetria e Planialtimetria. (JÚNIOR; NETO; ANDRADE, 2014, p. 09).

Segundo Borges (2013, p. 11-12) quando se tratar de medidas de distâncias e ângulos na horizontal trata-se da Planimetria. Se essas grandezas forem medidas na vertical, tem-se a Altimetria. Para representar a Planimetria, utiliza-se de uma vista de cima, em planta, para projetar as linhas horizontais. Já na Altimetria, pode-se usar a vista lateral, em perfil, para representar as linhas verticais. A vista lateral também é conhecida por outros nomes como corte ou elevação. Ao se unir esses dois conceitos, temos a Planialtimetria, que para Júnior, Neto e Andrade (2014, p. 09) é o ramo da Topografia que estuda o terreno levando em conta suas distâncias horizontais e verticais, ângulos horizontais e verticais, dando uma melhor noção do relevo do terreno propriamente dito.

2.1.1 Conceitos de levantamentos topográficos

As medidas de ângulos e distâncias em qualquer plano, horizontal e/ou vertical, são obtidas através dos levantamentos topográficos com o uso de equipamentos topográficos que foram evoluindo ao longo dos anos. A NBR 13.133 (1994, p. 03) em seu item 3.12 define levantamento topográfico como:

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. [...]. (NBR 13.133, 1994, p. 03)

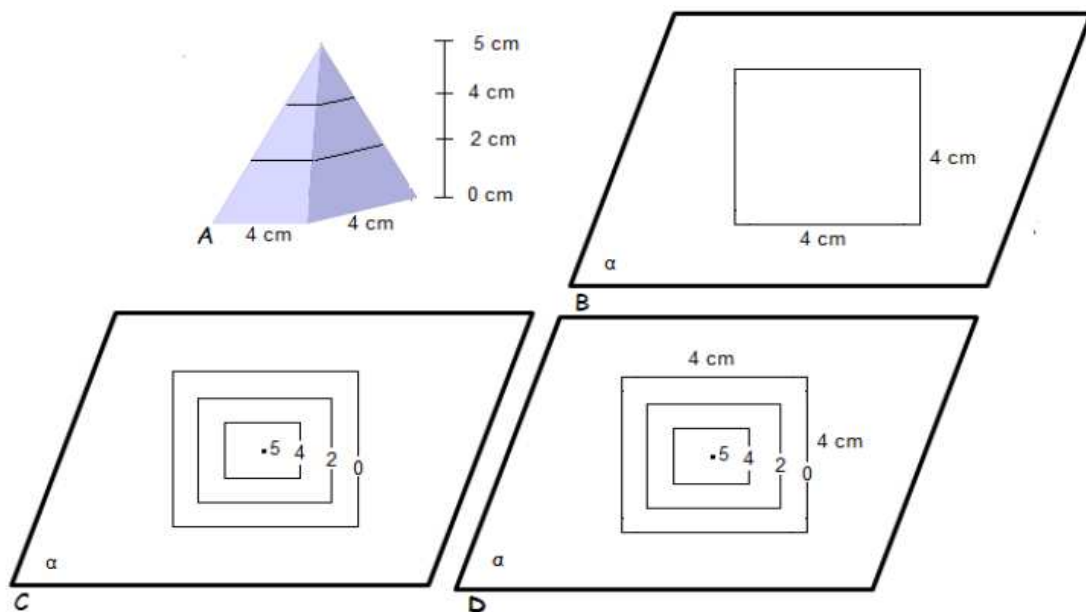
Através dessa definição podem-se expandir para os ramos da Topometria os tipos de levantamentos sendo eles: Levantamento Topográfico Planimétrico, Levantamento Topográfico Altimétrico, Levantamento Topográfico Planialtimétrico, Levantamento Topográfico Planimétrico Cadastral e Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral.

Quanto as suas definições, pela NBR 13.133 (1994, p. 03), o Levantamento Topográfico Planimétrico compreende os limites e confrontantes de uma área ou propriedade, determinando seu perímetro e área total, incluindo, se existir, o seguimento da via ou logradouro com o qual tenha vizinhança, bem como a sua orientação e a sua ligação com pontos materializados na área. Já quanto ao Levantamento Topográfico Altimétrico, entende-

se como um levantamento cuja finalidade é, somente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência visando à representação altimétrica da superfície em questão.

Unindo os dois conceitos dos levantamentos supracitados, temos o Levantamento Topográfico Planialtimétrico, que é definido pela NBR 13.133 (1994, p. 03) como: “Levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural”. Pode-se observar a representação topográfica desses levantamentos definidos até aqui na figura 01.

Figura 01: Pirâmide (A) representada planimetricamente (B), altimetricamente (C) e planialtimetricamente (D).



Fonte: Junior (2013, p. 09) (adaptado pelo autor)

Dando continuidade, o Levantamento Topográfico Planimétrico Cadastral que pela mesma norma supracitada é conceituado como levantamento planimétrico com um adicional das posições de detalhes visíveis sobre o solo, tais como: benfeitorias, edificações, árvores isoladas, vegetação, plantações, rios, etc.

Por fim, há o Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral, definido com sendo um levantamento topográfico planialtimétrico, com adição de detalhes referentes ao levantamento planimétrico cadastral. (NBR 13.133, 1994, p. 03).

2.1.2 Geodésia

Silva e Segatine (2015, p. 02-03) explicam que a Geodésia é compreendida como a ciência que tem por objetivo determinar as formas, dimensões e também o campo

gravitacional da Terra. Ela estuda operações de medições de campo, os levantamentos geodésicos, assim como os métodos de cálculos aplicados para essas determinações. Os levantamentos geodésicos além das mesmas medidas da Topografia também se baseiam em medições gravimétricas e em medições processadas de informações emitidas por satélites artificiais. Devido a isso, a Geodésia classifica-se em três áreas de estudo: Geodésia Geométrica, Geodésia Espacial e Geodésia Física.

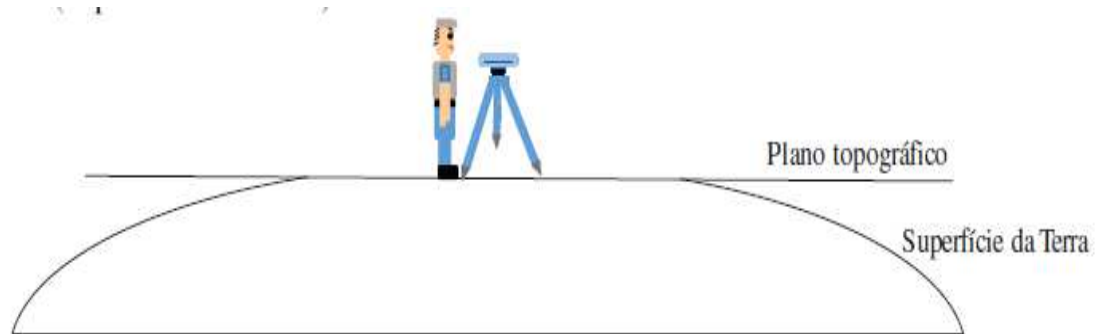
No que tange os conceitos da área da Geodésia, Silva e Segantine (2015, p. 03) preconizam que a Geodésia Geométrica pode ser definida como sendo a que cuida do tamanho e forma geométrica da terra, com posicionamento de pontos precisos na superfície terrestre que são usados como apoio para medições topográficas e geodésicas. A Geodésia Espacial utiliza objetos espaciais como os satélites artificiais para determinação de informações da superfície terrestre e a forma geométrica da Terra e suas alterações ao longo do tempo. Por fim, a Geodésia Física utiliza de medições e propriedades físicas gravitacionais da Terra para determinar sua forma física e seu tamanho.

Fica fácil observar, por fim, que a Topografia faz parte da Geodésia, especificamente na área da Geodésia Geométrica, visto que ela posiciona pontos precisos que podem ser usados em levantamentos topográficos. Como afirmam Júnior, Neto e Andrade (2014, p. 08): “A Topografia é um ramo da Geodésia Geométrica, sendo que essas duas ciências estudam, em muitas vezes, os mesmos métodos, utilizando os mesmos instrumentos para determinar porções da superfície terrestre [...]”. Mas agora fica evidente que a Topografia se preocupa apenas uma pequena porção da superfície terrestre, ao passo que a Geodésia admite uma porção compreendendo até mesmo a toda a superfície da Terra. (JÚNIOR; NETO; ANDRADE, 2014, p. 08).

2.1.3 Limite de atuação da Topografia

Júnior, Neto e Andrade (2014, p. 10) afirmam que os levantamentos topográficos, bem como as locações, são executados acima da superfície curvada da Terra, mas o resultado final será projetado em um plano topográfico. Devido a isso, surge uma distorção chamada de erro de esfericidade. A NBR 13.133 (1994, p. 05) indica que o plano topográfico de projeção terá no máximo 80 km partindo de sua origem, de forma que o erro pela desconsideração da curvatura da Terra não seja superior a 1/35.000 nesta dimensão e 1/15.000 nas extremidades desta dimensão. A figura 02 mostra o plano topográfico em relação à superfície da Terra.

Figura 02: Representação do plano topográfico e da superfície da Terra



Fonte: Júnior, Neto e Andrade (2014, p. 10)

Conclui-se que quando esse limite for ultrapassado, devemos então levar em consideração a curvatura da superfície da Terra. Logo, sai do campo da Topografia e entra no campo da Geodésia que pode atuar considerando toda a superfície terrestre.

2.1.4 Cartografia

Para Atlas (2016, p. 16) temos a cartografia definida como: “[...] a representação geométrica plana, simplificada e convencional de toda a superfície terrestre ou de parte desta, apresentada através de mapas, cartas ou plantas”. Já Meneguette (2013, p. 07) define a Cartografia como a disciplina que abrange artes, ciências e tecnologias de estruturação e utilização de mapas, facilitando a elaboração e manuseio de representações geoespaciais em papel ou assistido por computador, permitindo a exploração, análise, entendimento e transmissão de informações acerca de um determinado espaço. Por fim, a Associação Cartográfica Internacional, define a cartografia da seguinte maneira:

A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização. (ACI, 1966).

Uma dos principais documentos elaborados pela Cartografia é o Mapa. Meneguete (2013, p. 07) define mapa “[...] como uma representação simbolizada da realidade geográfica, representando feições ou características selecionadas, [...] tendo sido concebido para uso quando as relações espaciais são de relevância primordial”. Para efeito desse trabalho, Oliveira (1993, p. 82) define mapa topográfico ou carta topografia, como:

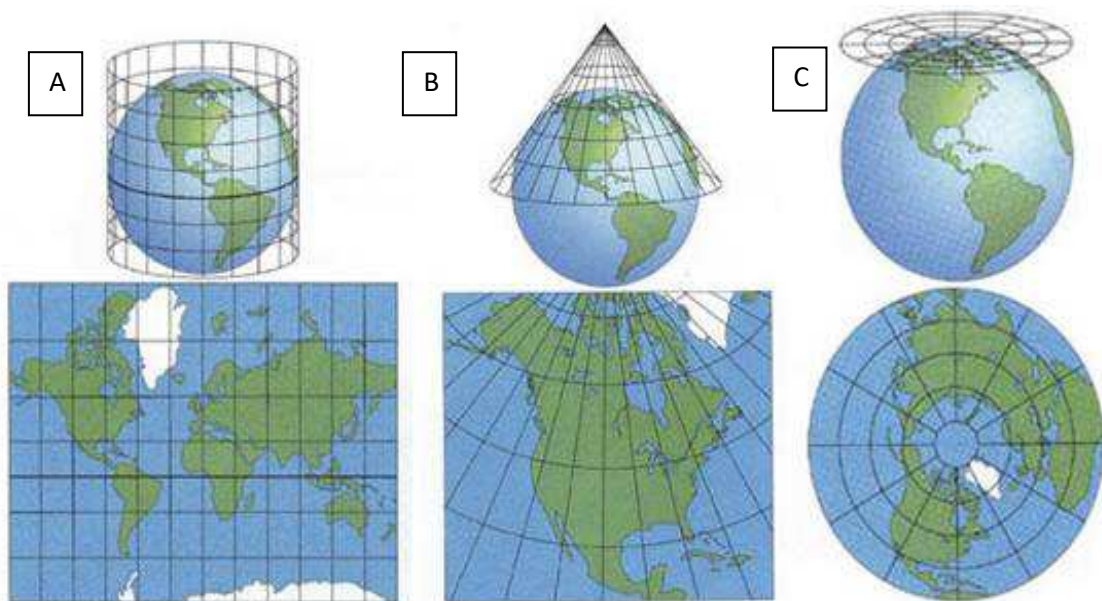
Carta elaborada mediante um levantamento original, ou compilada de outras topográficas existentes, e que inclui os acidentes naturais e artificiais, permitindo a determinação de alturas; carta em que os acidentes planimétricos e altimétricos são geometricamente bem representados [...] (OLIVEIRA, 1993, p. 82)

Fica evidente então a relação íntima entre Topografia, Geodésia e Cartografia. Essas ciências se preocupam com os métodos de levantamento e os meios para a representação em papel ou em desenhos assistidos por computador de uma porção ou de toda a superfície terrestre.

2.1.4.1 Projeções cartográficas

À medida que tentamos projetar a superfície terrestre em um plano, este não conserva suas grandezas como as distâncias, ângulos, áreas e suas relações reais. Para amenizar esses efeitos, as representações devem ser feitas por seções, coincidindo uma seção da superfície da terra com uma seção da figura geométrica que possa ser alongada para um plano. As figuras mais usuais são o cilindro, o cone e o plano, conforme a figura 03. As figuras são posicionadas de duas formas, tangente ou secante ao globo terrestre, variando conforme a finalidade da projeção. (CORRÊA, 2009, p. 17)

Figura 03: Projeção cartográfica cilíndrica (A), cônica (B) e plana (C)

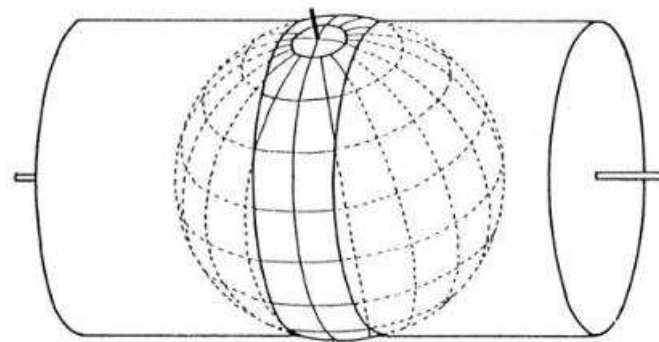


Fonte: FRANCISCO¹ (compilação do autor)

¹ FRANCISCO, Wagner de Cerqueria e. **Projeções Cartográficas**. Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/projecoes-cartograficas.htm>>. Acesso em 30 de abr. de 2019.

Outra projeção bastante utilizada é a projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) é representada como um cilindro secante a superfície do globo terrestre, de maneira que o seu eixo esteja no plano no equador, como na figura 04. Por ser secante, o diâmetro do cilindro é menor que o do globo, formando duas retas de interseção entre o globo e o cilindro. Para manter as deformações controladas, a superfície do globo sobre o cilindro fica condicionada a 6° de amplitude, formando 60 ($360^\circ/6^\circ=60$) regiões chamadas de fusos. (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 2016)

Figura 04: Projeção UTM, secante ao globo terrestre.



Fonte: CORRÊA, 2009, p. 17

2.1.5 Unidades de medidas

Unidades de medidas são usadas para representar um valor unitário acerca da medição de uma determinada grandeza. O Brasil adotou as unidades de medidas do Sistema Internacional de Unidades em 1962. O sistema possui três classes de unidades sendo elas a unidade de base (metro, quilograma, segundo, ampère, kelvin, mole, candela), unidades derivadas (formadas pelas combinações das unidades base) e unidades suplementares (unidades especiais). A unidade adotada para a **medição linear** é o **metro** (m) e suas derivadas (mm, cm, km, etc.), já para **superfícies** o Brasil adota **hectare** (ha) (equivalente a 10.000 m²) com unidade especial, mas também se pode usar metro quadrado (m²) também conhecido com centiare (ca). Para **medidas angulares**, têm-se três unidades correntes, o radiano, o grau e o grado. O radiano que é o ângulo central de um arco com comprimento igual ao raio. O **grau** é o ângulo central de um arco de comprimento igual a 1/360 chamado de grau (1°), cada grau é dividido em 60 partes iguais chamadas de minutos (01'), os minutos também são divididos em 60 partes iguais chamadas segundos (01''). Por fim, o grado é o

ângulo central de um arco de comprimento igual a $1/400$. (SILVA, SEGANTINE, 2015, P. 13-19, grifo nosso).

2.1.6 Escala

A definição de escala dada por Júnior (2013, p. 65) no ambiente da Topografia: “É a relação entre o tamanho dos elementos representados em um mapa, carta ou planta e o tamanho correspondente medido sobre a superfície da Terra [...]”. O uso de escalas está intimamente ligado à complexidade do que se deseja representar. A escala deve ser escolhida de maneira que a interpretação seja fácil e com clareza de informações. Para tal, pode-se optar por três tipos de escalas, sendo elas a de redução, natural ou ampliação (NBR 8.196, 1999, p. 02). A NBR 8.196/99 determina as escalas a serem usadas em desenhos técnicos conforme a tabela 01 a baixo:

Tabela 01:Escalas da NBR 8.196/99

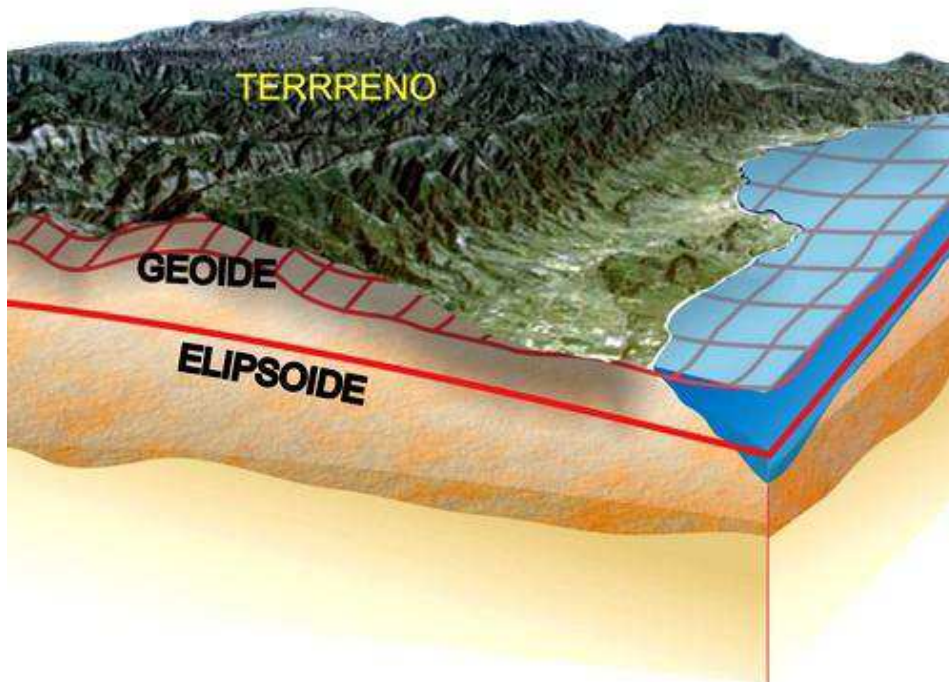
Redução	Natural	Ampliação
1:2	1:1	2:1
1:5		5:1
1:10		10:1

NOTA

Ainda de acordo com os autores supracitados, o *datum* geodésico se divide em *datum* horizontal e *datum* vertical. O *datum* horizontal é usado como a referência geodésica no plano horizontal, sendo formado por um par de coordenadas geodésicas, uma direção e um elipsoide de referência. O *datum* vertical fica a cargo, evidentemente, de ser uma referência geodésica no plano vertical para determinar a altitude geodésica dos pontos de interesse.

As superfícies de referencia, segundo Silva e Segantine (2015, p. 23-24) são de três tipos: Topográfica, Geoidal e Geométrica. A Superfície Topográfica é o relevo em sua representação real. Devido as suas irregularidades, torna-se de difícil definição matemática, portanto não é usada como referência para pontos geodésicos. A Superfície Geoidal pode ser representada como o nível médio dos mares sem perturbações, adentrando os continentes. Ela também leva em conta o campo gravitacional da Terra, mas devido à má distribuição de massas no planeta, há deformações no geoide que torna impraticável sua utilização como referencia. Por fim, temos a Superfície Geométrica que é uma superfície mais simples, de modelagem matemática determinada, como um elipsoide de revolução. Ele é obtido através da rotação em torno do semieixo menor de uma elipse. A figura 05 mostra a diferença na prática entre essas três superfícies. (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 23-24)

Figura 5: Superfícies de Referencia



Fonte: ASTROMIA³

³ Disponível em: < <https://www.astromia.com/solar/formadimensiones.htm> > Acesso em: 24 abr. 2019.

Quando se tem esses dados definidos, pode-se montar um Sistema Geodésico de Referência. Segundo o IBGE (2005), este é formado por uma figura geométrica que procura representar a superfície da Terra, tridimensionalmente, possibilitando a localização unitária de cada ponto de sua superfície em função de suas coordenadas tridimensionais. O Sistema Geodésico de Referência possui também uma rede de pontos materializados. No Brasil, tem-se o SIRGAS2000 como Sistema Geodésico de Referência oficial. É o que afirma o IBGE:

Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, admitia-se o uso, além do SIRGAS2000, dos referenciais SAD 69 (*South American Datum 1969*) e Córrego Alegre. O emprego de outros sistemas que não possuam respaldo em lei pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas. (IBGE, 2005).

Fica evidente que o SIRGAS2000 é o Sistema Geodésico de Referência adotado como Sistema Geodésico Brasileiro. Suas características são conforme o quadro 01 abaixo:

Quadro 01: Características do SIRGAS2000

Sistema Geodésico de Referência	Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (<i>International Terrestrial Reference System</i>)
Figura geométrica da superfície terrestre	Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (<i>Geodetic Reference System 1980 – GRS80</i>) Semieixo maior $a = 6.378.137$ m Achatamento $f = 1/298,257222101$
Origem	Centro de massa da Terra
Orientação	Pólos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (<i>Bureau International de l'Heure</i>)
Época de referência das coordenadas	2000,4
Materialização	Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantada a partir das estações de referência.

Fonte: Nota Técnica do IBGE (2005)⁴ (adaptado pelo autor)

2.1.8 Sistemas de coordenadas

Veiga, Zanetti e Faggion (2012, p. 04) afirmam que a Topografia tem com uma de suas principais finalidades a determinação de coordenadas relativas de pontos. Para isso, é preciso que elas sejam representadas em um sistema de coordenadas. Usualmente são

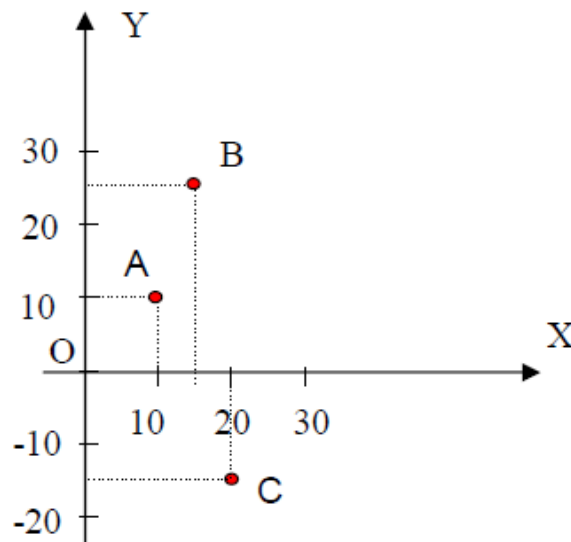
⁴ Disponível em:

<ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/nota_tecnica_termino_periodo_transicao_sirgas2000.pdf> Acesso em: 14 abr. 2019

adotados dois tipos de sistemas para esse propósito, o Sistema de Coordenadas Cartesianas e o Sistema de Coordenadas Esféricas.

O **Sistema de Coordenadas Cartesianas** possui dois espaços mais usuais, o bidimensional e o tridimensional. Um Sistema de Coordenadas Cartesianas bidimensional é um sistema de eixos ortogonais no plano, constituído de duas retas orientadas perpendiculares entre si. A origem deste sistema é o cruzamento das duas retas. Um ponto pode ser encontrado neste sistema através de uma coordenada denominada abscissa (X) e outra denominada ordenada (Y). A representação de um ponto desse sistema é dada por P (X, Y). A figura 06 traz exemplos de localização de três pontos nesse sistema. (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2007, p. 04-54, grifo nosso).

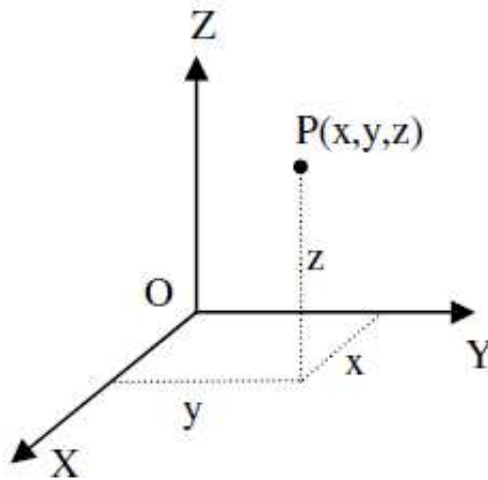
Figura 06: Representação do sistema de coordenadas cartesianas bidimensional, onde a origem do sistema está em “O” e A (10,10), B (15,15) e C (20,-15) são pontos representados no sistema.



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2007, p. 05)

Um Sistema de Coordenadas Cartesianas tridimensional é constituída por um conjunto de três retas perpendiculares entre si, as quais se cruzam em um único ponto, que será a sua origem. A posição de um ponto neste sistema de coordenadas é definida pelas coordenadas cartesianas de cada eixo, representada por P (X, Y, Z). Na figura 07 podemos observar a localização de um ponto qualquer nesse sistema. (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2007, p. 04-54, grifo nosso).

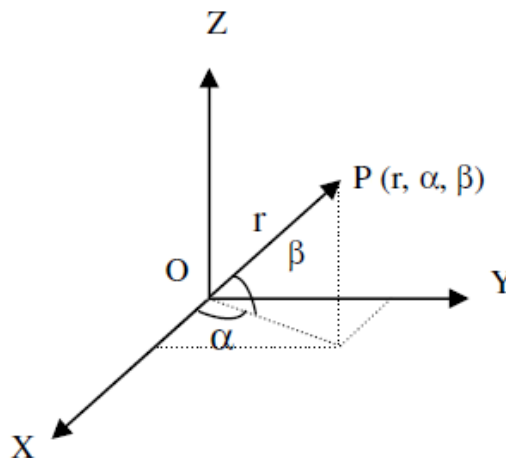
Figura 07: Representação do sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, onde a origem do sistema está em “O” e P (x,y,z) é um ponto representado no sistema.



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2007, p. 06) (adaptado pelo autor)

O **Sistema de Coordenadas Esféricas** é o sistema no qual é possível determinar um ponto através do afastamento entre a origem do sistema e o ponto considerado, chamado de seguimento (r); do ângulo formado entre o segmento e a projeção do seguimento no plano horizontal de referência (α); e do ângulo da projeção do segmento sobre o plano vertical de referência (β). As coordenadas esféricas de um ponto P são dadas por P (r, α, β). A figura 08 mostra a representação de um ponto qualquer nesse sistema. (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2007, p. 06-07, grifo nosso)

Figura 08: Representação do sistema de coordenadas esféricas, onde a origem do sistema está em “O” e P (r, α, β) é um ponto representado no sistema



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2007, p. 07) (adaptado pelo autor)

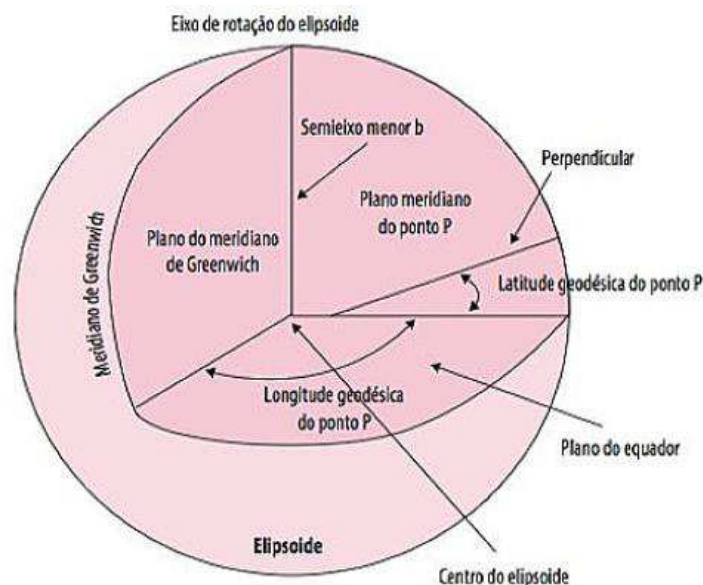
2.1.8.1 Sistemas de coordenadas geodésicas

O Sistema de Coordenadas Geodésicas baseia-se na rotação do semieixo menor do elipsoide de referência e no plano perpendicular a ele, conhecido com Plano do Equador. Se traçarmos linhas ligando eixo dos polos de rotação do elipsoide, essas linhas são chamadas de meridianos. Se traçarmos linhas paralelas ao Plano do Equador, essas linhas são chamadas de paralelos. Tomando com referencia o seguimento de um ponto, o plano de meridiano e o plano de um paralelo, pode-se determinar a posição de um ponto através dos arcos (formação de ângulos) conhecidos como latitude e longitude geodésicas.

O paralelo de referência é o Plano do Equador, e o arco formado entre o seguimento e o plano do equador é chamado de latitude. O meridiano de referencia é o Meridiano de Greenwich, e o arco formado entre a projeção do seguimento no plano do equador e o plano do meridiano de Greenwich é chamado de longitude. Fica evidente que se trata de um sistema de coordenadas esféricas, conforme figura 09. (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 43-44).

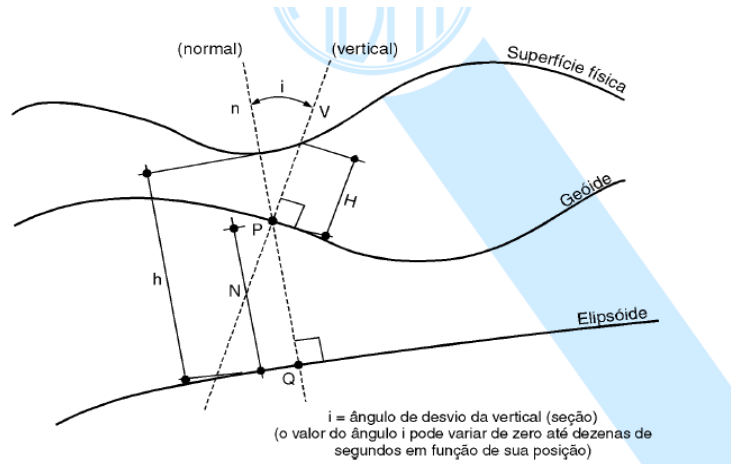
Tuler e Saraiva (2014, p. 25) preconizam que o Sistema de Coordenadas Geodésicas usa como referencia um elipsoide. As coordenadas de um dado ponto P são dadas pela latitude geodésica (φ) e longitude geodésica (λ) e sua altura é dada pela altitude elipsoidal (H) que é soma da altura ortométrica (h) com a ondulação do geoide (N). Como pode-se observar na figura 10.

Figura 09: Sistema de Coordenadas Geodésicas



Fonte: Tuler e Saraiva (2014, p. 26)

Figura 10: Altura no Sistema de Coordenadas Geodésicas

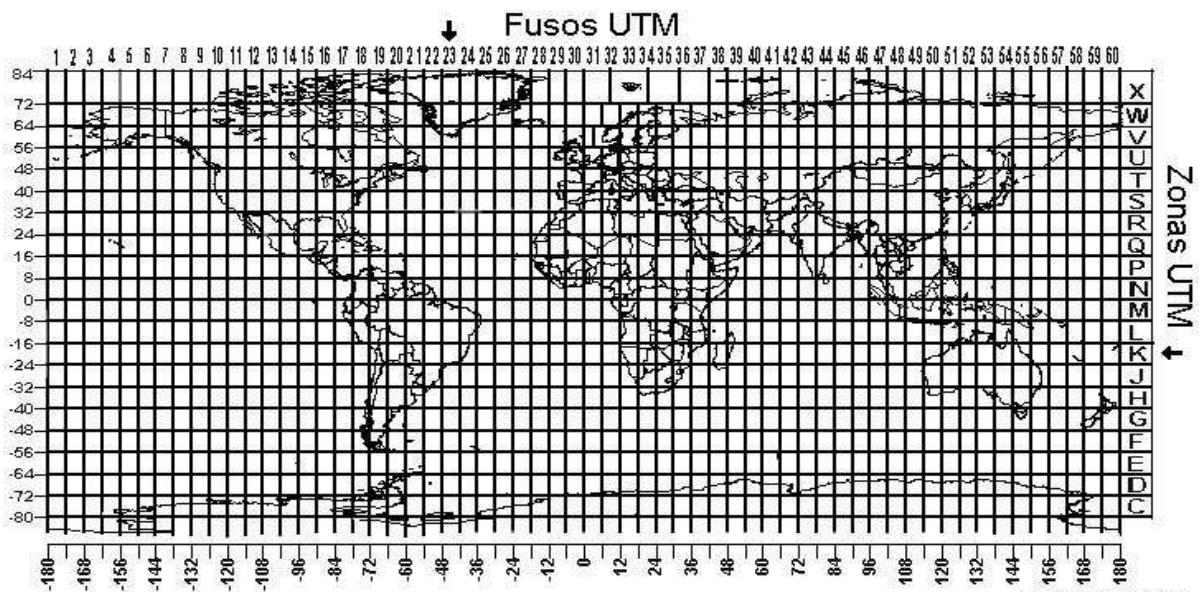


Fonte: NBR 14.166 (1998, p. 02)

2.1.8.2 *Sistemas de coordenadas UTM*

Conforme Silva e Segantine (2015, p. 217) o Sistema de Coordenadas UTM é representado por meio de um sistema de coordenadas cartesianas bidimensional. Suas abscissas são chamadas de Este (E) e as ordenadas são chamadas de Norte (N). Cada fuso é identificado por um número ou pela sua longitude do meridiano de referência. Podemos ver os fusos UTM distribuídos pelo globo conforme figura 11.

Figura 11: Fusos do Sistema UTM



Fonte: FONSECA⁵, 2011

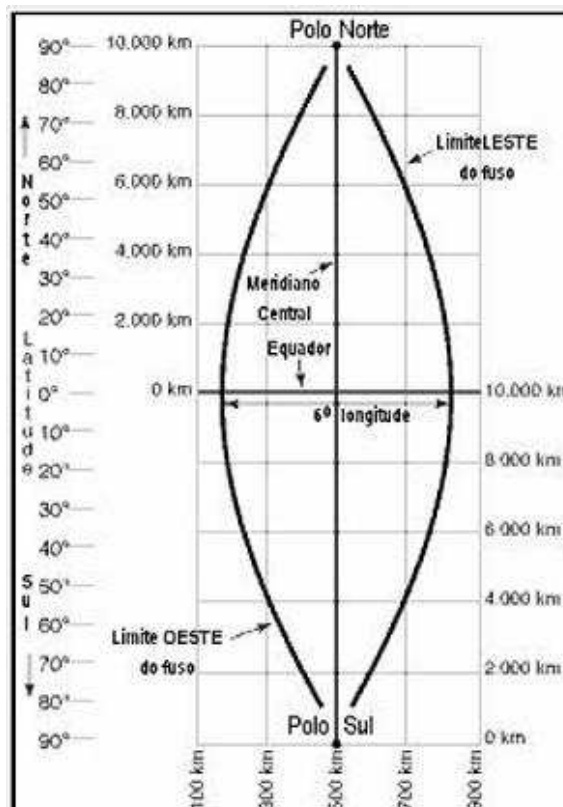
Peter H. Dana 9/7/94

⁵ FONSECA, Eugênio Pacceli da. Cartografia Escolar e Coordenadas UTM. 2011. Disponível em: <<https://cartografiaescolar.wordpress.com/coordenada-utm/>> Acesso em: 24 abr. 2019.

Silva e Segantine (2015, p. 217) continuam dissertando que as principais características do sistema UTM são: Amplitude dos fusos de 6° ; latitude de referência é o plano do equador; longitude de referencia é o Meridiano de Greenwich; translação Norte: 10.000.000 m; translação Este: 500.000 m; fator de escala no meridiano central: $k_0 = 0,9996$; fusos são numero de 1 a 60, a partir do antemeridiano de Greenwich para leste, ficando o fuso 1 com a amplitude de 180° W a 174° W e o fuso 60 de 174° E a 180° E; restrito as latitudes de 84° N a 84° S.

Os meridianos e paralelos formam ângulos retos entre si na sua projeção e as linhas do Plano do Equador e do Meridiano Central de cada fuso são representadas por linhas retas. Os demais meridianos são linhas côncavas em relação ao meridiano central e os paralelos são côncavos em relação ao polo mais próximo; Os espaçamentos entre os meridianos e entre os paralelos aumentam à medida que se afastam do Meridiano Central e Plano do Equador, respectivamente, como pode-se observar na figura 12. (SILVA; SEGANTINE. 2015, p. 217)

Figura 12: Detalhes de um Fuso UTM



Fonte: GEOREFERÊNCIAENTO⁶

⁶ GEOREFERÊNCIAENTO. Disponível em: <
<http://www.macaee.rj.gov.br/geomacaee/conteudo/titulo/georreferenciamento>> Acesso em: 24 abr. 2019.

2.1.9 Sistema Global de Navegação por Satélite

Atualmente na topografia e áreas afins, é praticamente obrigatório o uso de coordenadas UTM ou geodésicas em seus trabalhos. Uma das melhores maneiras de obtelas são por receptores compatíveis com algum sistema do Sistema Global de Navegação por Satélite. Assim, Junior, Neto e Andrade (2014, p.26) definem:

Global Navigation Satellite System – GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) são sistemas que permitem a localização tridimensional de um objeto em qualquer parte da superfície da Terra, através de aparelhos que receptam ondas de rádio emitidas por seus respectivos satélites. O GNSS inclui diversos sistemas, são eles: GPS, GLONASS, GALILEO e COMPASS. Além dos GNSS, tem-se os sistemas regionais de navegação (Regional Navigation System – RNS) que não englobam a Terra toda, compostos por IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System), QZSS (Quase-Zenith Satellite System) e o BEIDOU (Beidou Navigation System), estando este último em expansão para deixar o COMPASS em funcionamento. (JUNIOR; NETO; ANDRADE, 2014, p. 26).

Silva e Segantine (2015, p. 307-308) preconizam que a ideia do Departamento de Defesa dos EUA é manter pelo menos 24 satélites orbitando a terra, formando o que é chamada de Constelação GPS. Todos esses satélites emitem sinais com informações básicas acerca do momento que o sinal é emanado pelo satélite. Junior, Neto e Andrade (2014, p. 27) nos apresentam o GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*), de origem russa, também possui que 24 satélites, e que os demais sistemas, COMPASS E GALILEO, ainda não estão funcionais. Junior, Neto e Andrade (2014, p. 27) explicam acerca do funcionamento dos satélites, que:

Os satélites emitem sinais analógicos em forma de ondas de rádio, chamadas de portadoras, para se comunicarem com antenas na Terra. O sistema GPS emite duas ondas portadoras: L1 (1575,42 Mhz e comprimento de onda λ

Fica evidente que por se tratar de uma rede mundial, os sinais podem ser captados em grande parte do globo justamente por serem ondas de radio, não sendo necessária nenhuma conexão física com a rede para se captar os sinais, o que torna viável para levantamentos geodésicos em uma grande maioria da porção da superfície terrestre com o uso de receptores de sinais de satélites GNSS.

2.1.10 Orientação, rumos e azimutes

A orientação de um levantamento topográfico ou geodésico deve estar ligada de maneira correta ao alinhamento da direção Norte-Sul. E esse é um problema frequente no que tange a variação e diferenciação do Norte. Existem dois principais tipos de Nortes, o Norte Magnético (NM) e o Norte Verdadeiro (ou geográfico) (NV) e os dois estão relacionados pelo que é chamado de Declinação Magnética. (ARAUJO, [20-], p. 14).

O Norte Magnético é um meridiano que liga o polo norte magnético ao polo sul magnético e a vertical do lugar. Já o Norte Verdadeiro é uma linha que liga os polos norte geográfico ao polo sul geográfico e a vertical do lugar. Por fim, a Declinação Magnética corresponde ao ângulo formado entre o Norte Magnético e o Norte Verdadeiro. Uma observação importante é que a Declinação Magnética varia com o tempo e o também com espaço (depende da região). (ARAUJO, [20-], p. 14-15).

Para Junior, Neto e Andrade (2014, p. 43) o Azimute pode ser entendido como um ângulo horizontal, de orientação e no sentido horário, que varia de 0° a 360° (vide figura 13) e tem como início o norte e vai até o alinhamento topográfico (vide figura 14). Se adotar o norte verdadeiro com origem, teremos o azimute verdadeiro. Se for o norte magnético, azimute magnético.

Figura 13: Azimute

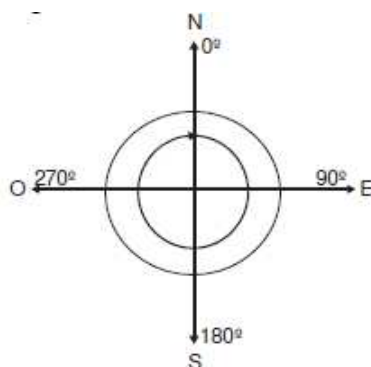
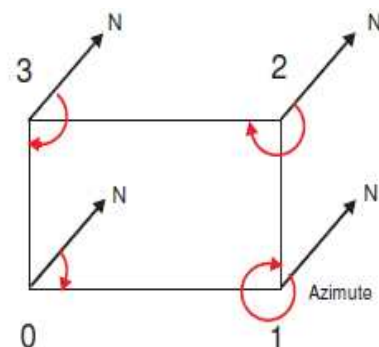


Figura 14: Azimute dos Alinhamentos 0-1, 1-2, 2-3 e 3-0



Fonte: Junior, Neto e Andrade (2014, p. 43)

Fonte: Junior, Neto e Andrade (2014, p. 43)

Para Junior (2013, p. 38) o Rumo é o menor ângulo formado pelo alinhamento topográfico e o norte ou sul, variando de 0° a 90° no sentido horário ou anti-horário. Analogamente ao azimute, pode ser um rumo magnético ou um rumo verdadeiro. Devido ao limite de variação angular, existem quatro quadrantes para os rumos, portanto todos os rumos devem ter seus quadrantes escritos ao lado do angulo, sendo eles: NE, SE, SO e NO. Podemos observar quadrantes na figura 15 e a representação dos rumos na figura 16.

Figura 15: Rumos

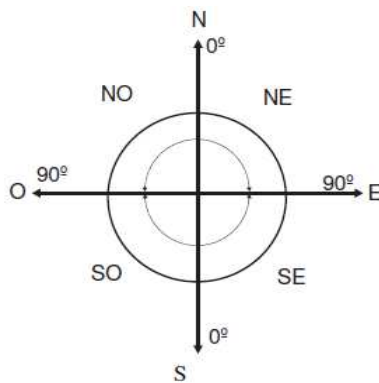
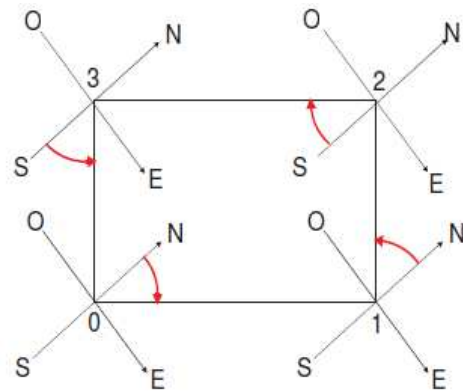


Figura 16: Rumos dos Alinhamentos 0-1, 1-2, 2-3 e 3-0



Fonte: (JUNIOR; NETO; ANDRADE, 2014, p. 44)

Fonte: (JUNIOR; NETO; ANDRADE, 2014, p. 44)

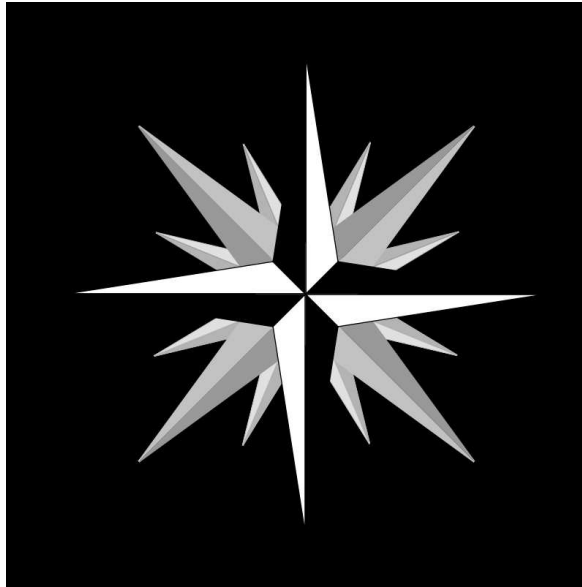
2.1.10.1 Rosa dos Ventos

A Rosa dos Ventos é uma figura vista em mapas, cartas de navegação e até mesmo representada em pisos de praças, etc, que exibem a direção dos pontos cardeais e também pontos intermediários. As direções cardeais ou rumos cardeais são o Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (O) (N, S, E e W são as siglas em inglês, respectivamente).

Ela tem esse nome devido à aparência similar a desenhos mais antigos com as pétalas de uma rosa, indicando cada uma a direção dos ventos notórios pelos navegadores do Mar Mediterrâneo, durante a Idade Média. (ROSA DOS VENTOS, 20[-?])

Já Oliveira (1993, p. 498) define a Rosa dos Ventos como um “círculo graduado, no sentido dos ponteiros do relógio, de 0° na direção de referência, até 360° , ou em pontos, ou ainda, em graus e pontos”. Os pontos que o autor cita claramente se referem aos pontos cardeais. A figura 17 abaixo é um exemplo da representação de uma rosa dos ventos com pontos cardeais e alguns pontos intermediários.

Figura 17: Rosa dos Ventos



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rosa_dos_ventos

2.1.11 Acessórios, instrumentos e equipamentos topográficos

A NBR 13.133 (1994, p. 06-07) indica os teodolitos, níveis e medidores eletrônicos de distancias (MED) como principais instrumentos de levantamentos planimétricos, altimétricos e cadastrais. Além destes, há também as estações totais, que são medidores eletrônicos de distancia e ângulos. Há também instrumentos e equipamentos auxiliares para os levantamentos, sendo eles as balizas, prumos, trenas, miras, primas, termômetro, barômetro, psicômetro, dinamômetro, sapatas e para-sol. Junior, Neto e Andrade (2014, p. 16) citam ainda os piquetes, estacas, testemunhas, pontos de pregos, pontos de tinta e pontos de parafusos, cantoneiras, tripés e receptores GNSS.

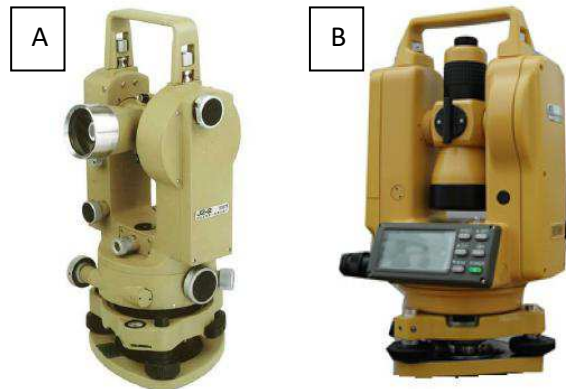
2.1.11.1 *Teodolitos*

Um teodolito tem como objetivo a obtenção de medidas de ângulos horizontais e verticais. De maneira indireta, justamente devido aos ângulos verticais, também podemos medir distâncias horizontais entre dois pontos e também a diferença de nível entre dois pontos. (FERRAZ; D'ANTONINO; [20-?])

Segundo a NBR 13.133 (1994, p. 06) os teodolitos são classificados de acordo com seu desvio-padrão em uma determinada direção observada em duas posições da luneta. Se o desvio-padrão for menor ou igual a 30'' para mais ou para menos, será de classe 1 – precisão

baixa, se o desvio-padrão for menor ou igual a $07''$ para mais ou para menos, será de classe 2 – precisão média e se o desvio-padrão for menor ou igual a $02''$ para mais ou para menos, será de classe 3 – precisão alta. A figura 18 abaixo nos mostra um teodolito óptico e um eletrônico.

Figura 18: Teodolito Óptico (A) e Teodolito Eletrônico (B)



Fonte: JUNIOR, 2013, p. 16

2.1.11.2 Níveis

Para Junior, Neto e Andrade (2014, p. 23) os níveis, níveis de luneta ou níveis de engenheiro são instrumentos que tem por finalidade a medição de distâncias verticais entre dois ou mais pontos, bem como para medir distâncias horizontais através das técnicas taquiométricas⁷.

A NBR 13.133 (1994, p. 06) classifica os níveis segundo seu desvio-padrão para 1 km de um levantamento duplo. Quando o desvio-padrão for maior que 10 mm/km para mais ou para menos, a classificação será de classe 1 - precisão baixa, Se for menor ou igual a 10 mm/km para mais ou para menos, será classificado como classe 2 - precisão média. Quando for menor ou igual a 3 mm/km para mais ou para menos será classificado em classe 3 - precisão alta, e se for menor ou igual a 1 mm/km para mais ou para menos, será considerado de classe 4 - precisão alta. Na figura 19 abaixo mostra alguns exemplares de níveis.

⁷ A Taqueometria ou estadimetria é uma medição indireta com o objetivo de obter a distância horizontal entre um ponto e outro se utilizando de um teodolito ou nível de luneta e a mira falante, relacionando as leituras dos fios estadimétricos e os valores de constantes do instrumento. (JUNIOR; NETO; ANDRADE; 2014, p. 52)

Figura 19: Níveis de Luneta

Fonte: JUNIOR, 2013, p. 21

2.1.11.3 *Medidores Eletrônicos de Distâncias (MED's)*

A determinação de distâncias na Topografia ou Geodésia sempre foi um grande problema, devido ao longo tempo que demanda para executá-la e também devido à dificuldade de obter uma precisão aceitável. Fundamentada no funcionamento dos radares, usando o tempo e a velocidade de propagação da onda eletromagnética, em 1968 surgiu o primeiro distanciômetro óptico-eletrônico. O princípio de funcionamento é simples, buscar determinar o tempo que leva a onda eletromagnética para percorrer a distância, de ida e volta, entre o equipamento de medição e o ponto a ser medido. (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012, p. 58)

Para Souza (2001. p. 14-15) devido o surgimento dos MED's ocorreu à evolução dos procedimentos que eram usados nos levantamentos topográficos. Além deixar a medição mais simples, houve também um grande salto na precisão, chegando à precisão de décimos de milímetros. A figura 20 abaixo mostra um distanciômetro.

Figura 20: Distanciômetro de Uso Isolado

Fonte: TULER; SARAIVA, 2014, p. 60

A NBR 13.133 (1994, p. 06) classifica os MED's segundo seu desvio-padrão, conforme quadro 02 abaixo:

Quadro 02: Classes dos MED's

Classes de Estações Totais 1 - precisão baixa	Desvio-padrão Precisão Linear
---	--------------------------------------

2.1.11.5 Receptores GNSS

Receptores coletam dados emitidos por satélites e os transformam, por meio do processamento, em coordenadas, distâncias, tempo, deslocamentos e velocidade. Os seus usuários podem ser divididos em usuários civis e usuários militares. O que diferencia um do outro é o tipo de dado oferecido a cada um. A figura 22 mostra alguns modelos de receptores GNSS. (CARVALHO; ARAUJO, 2009, p. 09)

Figura 22: Receptores GNSS



Fonte: SANTIAGO E CINTRA⁸, 2017.

Quanto ao funcionamento do equipamento e ao processamento de dados serão debatidos com mais profundidade no próximo capítulo, com foco no sistema GPS.

2.1.12 Erros em trabalhos topográficos

Veiga, Zaneti e Faggion (2012, p. 31-32) afirmam que como a representação de uma superfície da Terra depende da medição de grandezas como ângulos e distâncias, inevitavelmente elas serão afetadas por erros. Esses erros podem ser devido às condições ambientais, instrumentais e pessoais. Os erros ambientais são devido às oscilações das condições ambientais como vento, temperatura, etc. Já os erros instrumentais são oriundos de possíveis defeitos de fabricação, mas sua grande maioria pode ser amenizada com testes de qualidade e controle. Por fim, os erros pessoais são devidos às falhas humanas, como desatenção ao realizar uma medição, cansaço, etc. A NBR 13.133 (1994, p. 03) define também o erro de graficismo como o maior erro admissível para o desenho de traçados de linhas e pontos com o valor de 0,2 mm.

⁸ SANTIAGO E CINTRA. **Quais os tipos de receptores?**, 2017. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/quais-os-tipos-de-receptoresy>> Acesso em 01 de maio de 2019.

ARAÚJO ([20-], p. 14) concluiu que “[...] dentre esses erros, o de equipamento e o natural, são aqueles em que se consegue administrar medidas para a diminuição dos mesmos. Já o erro humano é inadmissível [...]”. O erro humano é de difícil determinação de sua origem.

2.1.13 Precisão e Acurácia

Para Santiago e Cintra (2018), a precisão envolve o grau de variação de um conjunto de medições que foram efetuadas. Terá maior precisão as medições que possuem as menores variações entre os valores medidos. Já a acurácia é quando os valores medidos se aproximam de um valor considerado verdadeiro. A figura 23 a seguir apresenta exemplos de precisão e acurácia.

Figura 23: Exemplos de precisão e acurácia



Fonte: Santiago e Cintra (2018)

2.1.14 Normatização para levantamentos topográficos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização, fundada em 1940 e reconhecida pelo governo federal através de vários instrumentos legais. Privada e sem fins lucrativos, é dedicada à elaboração das Normas Brasileiras (NBR) através de comitês, organismos e comissões. (ABNT⁹, 2014)

Segundo Veiga, Zanetti e Faggion (2012, p. 43) dentre as normas da ABNT, existem duas que envolve principalmente a topografia, sendo elas a norma NBR 13.133/94 e a norma NBR 14.166/98. Já Xavier (2017, p. 14) cita também a NBR 14.645.

⁹ ABNT. **Conheça a ABNT**. 2014. Disponível em: < <http://www.abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt> > Acesso em: 01 de maio de 2019.

2.1.14.1 *NBR 13.133/94 – Execução de Levantamento Topográfico*

A norma técnica NBR 13.133/94, da ABNT, estabelece as condições mínimas para a execução de levantamento topográfico com diferentes finalidades. Esta norma cita várias finalidades como visão geral do terreno, levando em conta o seu relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento. Também, a obtenção de informações acerca do terreno com o objetivo de servir de base para estudos preliminares para projetos, anteprojetos, projetos básicos e projetos executivos. (NBR 13.133, 1994, p. 01)

Para a execução de um levantamento topográfico devem-se levar em conta a compatibilização de medidas de grandeza angular, linear e desníveis, observando-se também as devidas tolerâncias acerca dos erros, atribuindo métodos, procedimentos e instrumentos compatíveis com a finalidade do levantamento. (NBR 13.133, 1994, p. 01)

2.1.14.2 *NBR 14.166/98 – Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento*

NBR 14.166/98 é uma norma técnica cujos objetivos são estabelecer as condições mínimas exigíveis para a implantação e manutenção de uma Rede de Referência Cadastral Municipal com a finalidade de apoiar a criação e atualização de plantas cadastrais municipais, unificar os serviços de topografia local e servir de referência para os serviços de topografia (NBR 14.166, 1998, p. 02). Esta norma ainda explica que:

As condições exigíveis para a implantação de uma Rede de Referência Cadastral fixada por esta Norma compatibilizam os procedimentos no sentido de se estabelecer a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico que proporcione a normalização e sistematização de todos os levantamentos topográficos, quer pelo método direto (clássico), quer pelo método aerofotogramétrico, ou outro que vier a ser criado, executados em qualquer escala e para qualquer finalidade no âmbito municipal, por agentes públicos ou privados, no escopo de sua inclusão em um mesmo sistema, atualizando-o e complementando-o. Esta rede, portanto, deve apoiar tanto as atividades cadastrais a serem representadas no Plano Topográfico Local, em escala 1:1 000 até 1:1, como os levantamentos destinados à cartografia, inclusive à sistemática, representados em projeção UTM usualmente em escala 1:2 000 ou menores. (NBR 14.166, 1998, p. 01)

Nota-se então a importância dos marcos de apoio para levantamentos topográficos de qualquer natureza, visto a necessidade de haver uma infraestrutura que possa servir como referência para diversos trabalhos e documentos advindos dos trabalhos.

2.1.14.3 NBR 14.645

Esta norma técnica é dividida em três partes, sendo elas a NBR 14.645-1/01, a NBR 14.645-2/05 e a NBR 14.645-3/05. O conjunto trata-se da norma regulamentadora das atividades de “*as built*” no Brasil. A primeira parte regula levantamentos planimétricos e cadastrais com áreas de até 25.000 m² em áreas urbanas com a finalidade de estudos, projetos e edificações. A segunda parte diz respeito ao registro público dos levantamentos planimétricos e a terceira parte diz respeito a locações topográficas e controle das dimensões da obra. (XAVIER, 2017, p. 14)

3 GNSS-GPS E MARCO GEODÉSICO

Nesse capítulo haverá um aprofundamento dos conceitos pertinentes ao GNSS, dando noções de seu funcionamento, apresentando os sistemas pertencentes ao GNSS, em especial o sistema GPS, e os principais tipos de posicionamentos para a obtenção de dados desse sistema. Por fim é visto alguns dos *softwares* ou aplicativos utilizados para o pós-processamento dos dados coletados do GNSS, com destaque para o IBGE-PPP. Também será aprofundado conceitos acerca dos marcos geodésicos, suas aplicações e regulamentação. Será mostrando também quais e quantos marcos existem na cidade de São Luís.

3.1 Sistema GPS

O IBGE (2017^a, p. 10) afirma que: “Os sistemas globais de navegação por satélites, conhecidos por GNSS, revolucionaram a geodésia na década de 1980, quando o GPS passou a ser utilizado no estabelecimento das redes geodésicas de forma mais ágil e precisa”. Coelho e Ribeiro (2007, p. 06) dizem que foram feitas diversas tentativas de encontrar um sistema de georreferenciamento de grande precisão, até chegar ao GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global). Ele foi desenvolvido pelo USDoD (*US Department of Defense* – Departamento de Defesa dos Estados Unidos) na década de 1970, com finalidade militar. Depois de um tempo, foi liberado para uso civil. Independente do usuário, civil ou militar, o principal nível de uso é o de posicionamento e navegação. Segundo Carvalho e Araujo (2009, p. 06) o sistema GPS possui três divisões funcionais diferentes, o segmento espacial, o segmento de controle e o segmento do usuário.

O **seguimento espacial** do sistema de GPS é formado pela constelação de 24 satélites, chamada de NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing And Ranging*), a mais ou menos 20.200 km acima da superfície da Terra. São distribuídos em seis diferentes planos de orbitas, levemente elípticas, a uma inclinação aproximada de 55° em relação ao plano do equador e com períodos de aproximadamente 12 horas. Tudo isso é para que em qualquer ponto do planeta seja possível receber sinais de pelo menos quatro satélites. Na figura 24 vemos uma ilustração dos satélites do sistema GPS em orbita ao redor do planeta Terra. (COELHO; RIBEIRO, 2007, p. 04, grifo nosso).

Figura 24: Constelação NAVSTAR – GPS



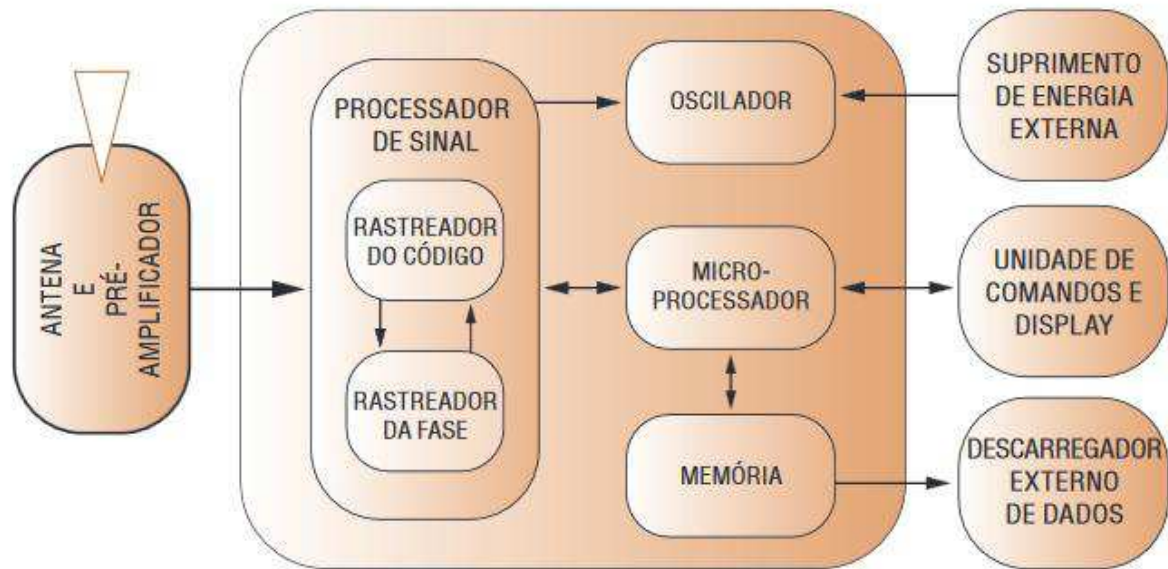
Fonte: TORRES¹⁰

O **segmento de controle** é formado por estações terrestres que são controladas pelo USDoD, com o objetivo de realizar o monitoramento, correção e garantia de funcionalidade do sistema. Com o monitoramento dos sinais dos satélites os centros de controle podem corrigir parâmetros orbitais, se for necessário. As estações estão espalhadas por diversos locais do mundo como Kwajalein (Ilhas Marshall), Ilha de Ascension (Oceano Atlântico), Havaí, Diego Garcia (Oceano Índico), entre outras. A principal delas está em Colorado (Estados Unidos). (CARVALHO; ARAUJO, 2009, p. 08, grifo nosso)

O **segmento do usuário** é, para Carvalho e Araujo (2009, p. 08), composto pelos receptores, que variam em tamanho, modelo e marca, mas a principal diferença é dada pela qualidade de recepção. Um receptor é composto por uma antena pré-amplificadora de sinal (com o objetivo de captar os sinais enviados pelos satélites), processador de sinal, oscilador, alimentação, display e botões, microprocessador, sistema de armazenamento de dados, além outros conforme figura 25 a seguir. (grifo nosso)

¹⁰ TORRES, Paulo Magno da Costa. **Como o GPS Funciona**. Disponível em: <<https://www.coladaweb.com/curiosidades/o-sistema-gps>> Acesso em: 02 de maio de 2019

Figura 25: Componentes notáveis de um receptor GNSS



Fonte: Carvalho e Araujo (2009, p. 10)

3.1.1 Métodos e técnicas de posicionamento GNSS-GPS

O posicionamento por meio do GPS possui diferentes técnicas e observáveis, que variam em níveis de precisão de vários metros até alguns milímetros. A observável é quem vai determinar o nível de precisão. Segundo o IBGE (2008, p. 06) a observável portadora fornece precisões de ordem milimétrica, ao passo que a observável pseudodistância tem precisão de ordem métrica. Mesmo os satélites transmitindo todos os sinais incessantemente, não necessariamente todos os receptores são feitos para rastrea-los. Devido a isso, podem-se classificar os receptores em função da sua utilização, como preconiza o IBGE (2008, p 06):

Navegação – destinado à navegação terrestre, marítima e aérea, bem como a levantamentos com precisão de ordem métrica. Na maioria dos casos, as observações utilizadas são as pseudodistâncias derivadas do código C/A, embora alguns programas permitam extrair as observações de pseudodistância e da fase da onda portadora para posterior processamento; **Topográfico** – podem proporcionar posicionamento preciso quando utilizados em conjunto com um ou mais receptores localizados em estações de referência, mas sua utilização fica restrita a uma área compreendida dentro de um círculo de raio de aproximadamente 10 km [...], sendo normalmente utilizado na topografia. Estes receptores são capazes de rastrear a fase da onda portadora L1 e o código C/A; **Geodésico** – receptores capazes de rastrear a fase da onda portadora nas duas frequências. Isso possibilita a sua utilização em linhas de base maiores que 10 km, pois é possível modelar a maior parte da refração ionosférica a partir do uso da combinação linear livre da ionosfera (*ion free*) durante o processamento dos dados. Normalmente estes receptores são utilizados na geodésia. (IBGE, 2008, p 06, grifo nosso)

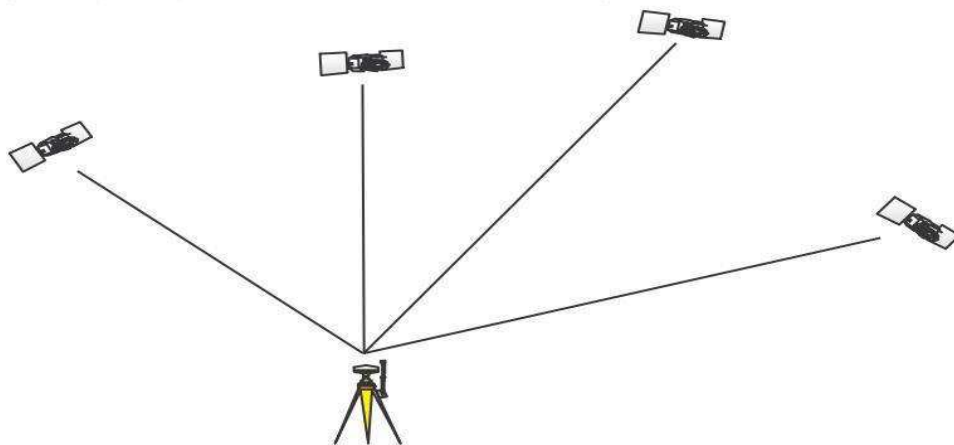
Silva e Segantine (2015, p. 313) afirmam que existem três métodos básicos de posicionamento com o GPS, sendo eles o Posicionamento Absoluto, Posicionamento Relativo e Posicionamento Diferencial.

3.1.1.1 Posicionamento absoluto

O Posicionamento Absoluto, também conhecido como posicionamento por ponto ou isolado, necessita apenas de um receptor sendo utilizado no ponto de interesse, de forma estática ou cinemática. Existem dois tipos desse método, o Posicionamento por Ponto e Posicionamento por Ponto Preciso. (IBGE, 2008, p. 06).

Pelo Posicionamento por Ponto é realizada a medição da pseudodistância de pelo menos 04 (quatro) satélites, com ordem de precisão métrica. Como tem baixa precisão, não é utilizado pela Geomática. Porém, uma variante desse método, denominado *Precise Point Position – PPP* (Posicionamento por Ponto Preciso – PPP) permite uma melhora significativa na precisão, tornando-a adequada para o uso na geomática. Essa precisão se dá pelo uso das efemérides, que no Brasil são disponibilizadas pelo IBGE, com a ferramenta online IBGE-PPP (ver item 3.2.1). A figura 26 ilustra o método de posicionamento por ponto. (SILVA; SENGANTINE, 2015, p. 313-314).

Figura 26: Posicionamento Absoluto Estático



Fonte: Borges (2018, p. 06)

A qualidade do posicionamento é dada por diversos fatores, um deles é o DOP (*Dilution Of Precision* – diluição da precisão). Dentre os vários tipos de DOP, o mais representativo para o posicionamento absoluto é o PDOP. Seu índice está relacionado com o

inverso do volume do sólido formado entre o receptor e os satélites. Logo, quanto maior o volume, menor será o PDOP e melhor será a precisão. (IBGE, 2008, p. 07).

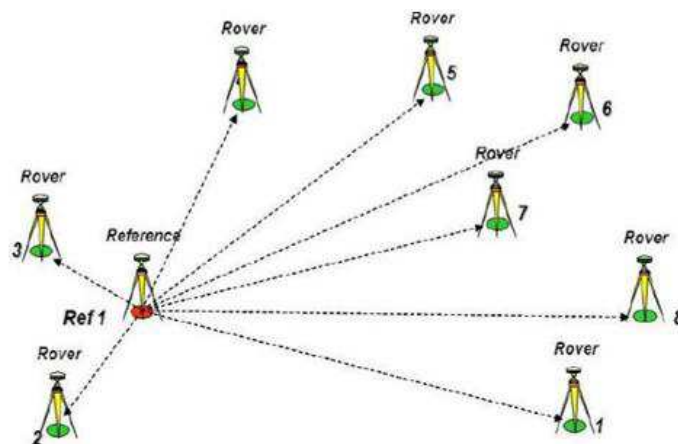
3.1.1.2 Posicionamento relativo

Segundo o INCRA (2013, p. 07-08) para o posicionamento relativo, são necessários pelo menos dois receptores GNSS coletando dados simultaneamente, pois as coordenadas do ponto de interesse são obtidas a partir de pelo menos um par de coordenadas conhecidas, onde no mínimo um dos receptores esteja posicionado sobre o ponto de referência. Existem quatro grupos de posicionamento relativo: estático, estático-rápido, semicinemático e cinemático.

O **Posicionamento Relativo Estático** funciona com dois ou mais receptores, rastreando os satélites em conjunto, onde quanto maior o tempo que passam fixos, maior será a precisão. Recomenda-se que o tempo não seja menor que 20 minutos. Alguns fatores que influenciam no tempo de coleta de dados são os tipos de receptores, o pós-processamento e a extensão da linha de base. (GAMA; CARNEIRO; SEIXAS, 2007, p. 530, grifo nosso).

O **Posicionamento Relativo Estático-Rápido** tem as mesmas características do posicionamento relativo estático, exceto que suas observações são menores que 20 minutos, tornando-se uma técnica de alta produtividade. Adequado também para locais com muitas obstruções, pois o receptor é desligado durante o deslocamento. A figura 27 ilustra os métodos de posicionamento relativo estático e estático-rápido. (IBGE, 2008, p. 10 apud MONICO, 2000a, grifo nosso).

Figura 27: Posicionamento Relativo Estático e Estático-Rápido

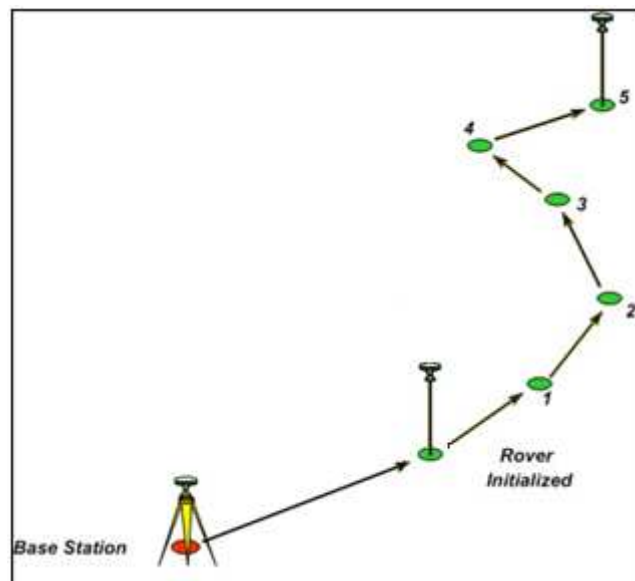


Fonte: Borges (2018, p. 29)

O **Posicionamento Relativo Semicinemático** (Também conhecida como *Stop and Go*) funciona quando o receptor que ocupa o ponto de interesse fica fixo, mas por pouco tempo. Fazendo com que seja necessário coletar dados na mobilização entre um ponto de interesse e outro. Devido à necessidade do deslocamento durante a coleta de dados, locais com obstruções tornam-se desfavoráveis. Sua precisão também é dada principalmente pelo tempo de duração da coleta de dados. (INCRA, 2013, p. 09, grifo nosso).

O **Posicionamento Relativo Cinemático** também funciona com dois ou mais receptores, de modo que um receptor fica fixo e um ou mais receptores ficam em deslocamento para os pontos de interesse. Para o INCRA (2013, p. 10) essa técnica é apropriada para o levantamento de limites de imóveis com muita sinuosidade, porém devem-se evitar locais com muitas obstruções. (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 317, grifo nosso).

Figura 28: Método Semicinemático e Cinemático



Fonte: Borges (2018, p. 32)

Partindo do pressuposto que nesses métodos utiliza-se a observável portadora, se usarmos a observável pseudodistância, tem-se o **Posicionamento Relativo a partir do Código C/A**. É recomendando apenas para a delimitação de limites naturais devido a sua baixa precisão. (INCRA, 2013, p. 10, grifo nosso).

3.1.1.3 Posicionamento diferencial

No **Posicionamento Diferencial** as coordenadas do receptor móvel são calculadas com a utilização de correções diferenciais provenientes do receptor fixo de referência, enviadas por um sistema de comunicação entre os receptores. O INCRA (2013, p. 10) nos apresenta dois posicionamentos desse método, o RTK (*Real Time Kinematic*) e o DGPS (*Differential GPS*). Eles permitem a obtenção de coordenadas precisas em tempo real. (NAKAO; KRUEGER; 2017, p. 421, grifo nosso). Nakao e Krueger (2017, p. 421) elucidam ainda sobre o tema que:

O posicionamento pelo *Differential GPS* (DGPS), atualmente, baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções diferenciais dos sinais de satélites observados (pseudodistância ou fase da onda portadora), do receptor instalado na estação de referência ao receptor que percorre os vértices de interesse ou a trajetória a ser descrita, por um meio de comunicação. Desta forma, proporciona o conhecimento instantâneo de coordenadas precisas dos vértices ocupados e das trajetórias percorridas (INCRA, 2013). Quando estas posições instantâneas derivam das correções diferenciais obtidas com o emprego do código e código suavizado pela fase da onda portadora, denomina-se o método de DGPS e quando são obtidas por meio da fase da onda portadora de *Real Time Kinematic* (RTK). Estes métodos também diferem quanto à precisão alcançada [...]. Para o RTK, os dados de correção diferenciais são transmitidos por meio de um enlace de rádio instalado nas estações de referência e móvel, na qual se observa que para distâncias de até 10 km a precisão é inferior a alguns centímetros. (NAKAO; KRUEGER, 2017, p. 421).

Fica evidente que o ganho de tempo com essa metodologia é bem maior que nas demais, visto a obtenção dos dados serem em tempo real e com uma precisão aceitável para vários tipos de trabalhos topográficos.

3.2 Correção de Dados Rastreados

O pos-processamento

3.2.1 IBGE-PPP

O IBGE-PPP é um aplicativo gratuito e em plataforma online para o pós-processamento de dados GNSS. Segundo IBGE (2017, p. 02) o IBGE-PPP “faz uso do programa CSRS-PPP (*GPS Precise Point Positioning*) desenvolvido pelo *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)*”. O aplicativo possibilita aos usuários dos receptores GPS, GLONASS ou ambos, obterem coordenadas precisas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no *International Terrestrial*

Reference Frame (ITRF). O processamento de dados GNSS que foram coletados por receptores GPS e/ou GNSS, de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático, é possível de ser realizado pelo IBGE-PPP.

O IBGE (2017, p. 03) afirma que os arquivos necessários para o processamento devem estar no formato RINEX ou HATANAKA. Além de outros arquivos que são usados para gerar os resultados. O arquivo com a coleta de coordenadas com os receptores GNSS pode ser processado em três diferentes intervalos de tempo, nos dando três diferentes precisões, conforme tabela do IBGE (2017, p. 04) a seguir:

Quadro 4: Tempo e Precisão do IBGE-PPP

Órbitas/ Intervalos	Relógios/ Intervalo	Constelação	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?	Precisão da Orbita
Ultra-Rápido (EMU) 15 minutos	EMU 30 segundos	GPS e GLONASS (3h)	A partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreamento 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 rastreamento 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 rastreamento	± 2 cm

Fonte: IBGE, 2017, p. 04 (adaptado pelo autor)

O endereço eletrônico do IBGE-PPP é < <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm> > de interface bastante simples, bastando preencher os campos conforme a figura 30 a seguir:

Figura 29: Site IBGE-PPP

Selecione o Modo de Processamento: Estático Cinemático

Selecione um arquivo RINEX: Só serão aceitos arquivos no formato .05d a .20d, .05D a .20D, .05o a .20o, .05O a .20O, .obs, .zip, .tar, .tgz, .gz, .rx, .crx, .7z

No file selected.

Os valores selecionados abaixo serão adotados para todos os RINEX que estejam comprimidos em um único arquivo:

Tipo de Antena:

Altura da antena (m):

A altura da antena somente será alterada se esta caixa estiver marcada.

E-mail válido do usuário. (não pode conter espaços ou tabs!):

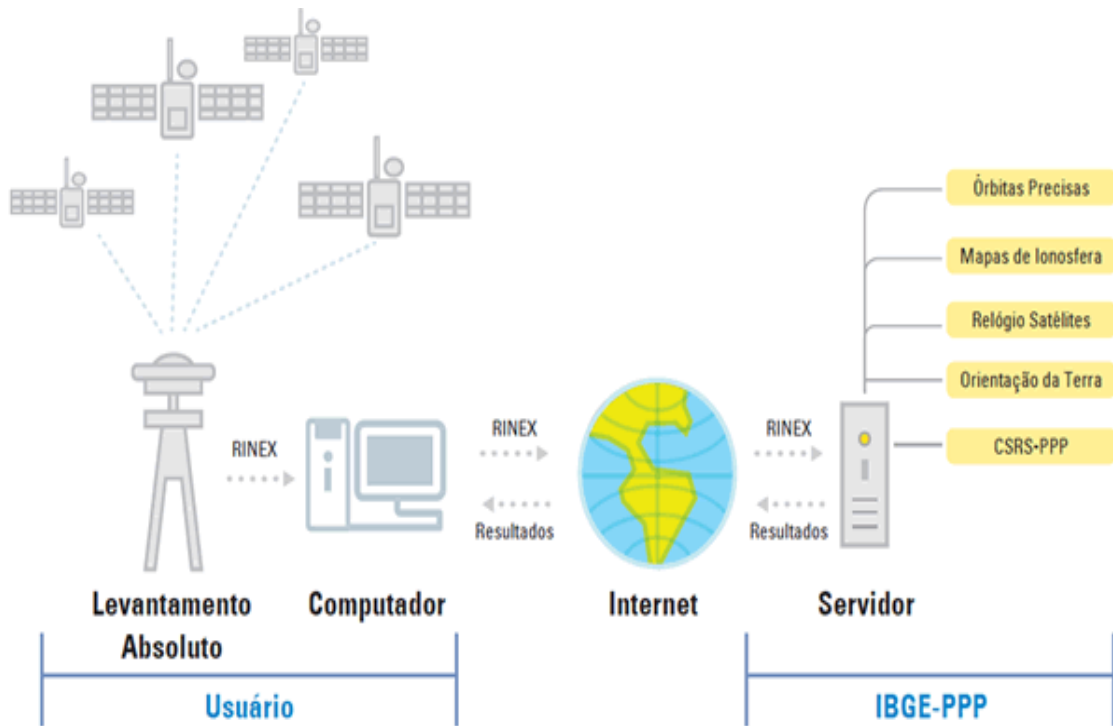
Concordo que os resultados dos processamentos poderão ser utilizados pelo IBGE para a avaliação de produtos e informações cartográficas e geodésicas, bem como para a avaliação do próprio serviço IBGE-PPP

Nota: O processamento iniciará após a transferência do arquivo, o que pode demorar alguns minutos. Caso o resultado não comece a aparecer em 2 horas, por favor reprocesse.

Fonte: IBGE-PPP (recorte do autor)

Fica claro pela figura 30 que o usuário só precisa do arquivo RINEX ou HATANAKA, a altura da antena, informar um e-mail válido e se levantamento foi estático ou cinemático. Após o processamento, é gerado um link para dar acesso aos dados processados. A figura 31 a seguir ilustra de forma simples o processamento de dados.

Figura 30: Processamento IBGE-PPP



Fonte: IBGE¹¹

Para mais detalhes a cerca dos arquivos utilizados, do funcionamento e os relatórios de processamento, o autor recomenda consultar o manual completo do usuário do aplicativo IBGE-PPP que já se encontra em sua versão abril 2017, disponível em < https://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual_ppp.pdf>. Para efeito de estudo de caso deste trabalho, os dados serão processados no PPP-IBGE.

3.2.2 Aplicativos do mercado

Segundo Tuler, Saraiva e Teixeira (2016) os softwares de processamento mais utilizados são *Topograph*, *Data Geosis*, *AutoCAD Civil 3D*, *Topcon Tools*, etc. Todos os

¹¹ IBGE. **Serviço online para pós-processamento de dados GNSS - IBGE-PPP**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html?edicao=16335&t=o-que-e>> Acesso em: 09 de maio de 2019.

programas tem em comum a função de importação e exportação de dados de um equipamento topográfico, elaboração de planilhas com dados específicos e processamento de dados dos receptores GNSS. Pode-se ter também obter dados sobre erros e suas correções, emissão de relatórios e memoriais, bem como realizam desenhos topográficos como plantas e perfis, bem como modelagem em 3D.

Para efeito deste estudo de caso deste trabalho, será utilizando o software *Topcon Tools*. Segundo a TOPCON¹² o *Topcon Tools* é um poderoso software de processamento e análise de dados GPS e GLONASS, que é de fácil aprendizado e utilização. Também é facilmente personalizável para corresponder ao fluxo de trabalho do seu usuário. O software é próprio para os equipamentos da Topcon, mas se o usuário utilizar os dados no formato RINEX ele pode processá-los.

3.3 Marco Geodésico

Segundo a NBR 14.166 (1998, p. 03), o marco geodésico é um ponto geodésico implantado e materializado no terreno. Já WENDT (2018) complementa que neles são gravadas informações como altitude, latitude e longitude daquele local. O IBGE, o Exército Brasileiro e as prefeituras são os principais implantadores desses marcos. WENDT (2018) afirma ainda que :

No solo, cada ponto é materializado por meio de uma estrutura fixa - que pode ser um pino, uma plaqueta ou uma chapa cravada em rocha ou concreto, ou ainda por um marco ou pilar de material durável. 'É possível qualquer instituição, empresa ou profissional estabelecer um ponto geodésico e submetê-lo ao IBGE para possível homologação e incorporação oficial'. [...] (WENDT, 2018).

Para Zimmermann (2015, pg. 27) um marco é um ponto cujas coordenadas, UTM ou Geográficas, encontram-se determinadas. Quando também se conhece a altitude do ponto, eles podem ser denominados de Referência de Nível (RN's).

O IBGE possui norma técnica para a padronização de marcos geodésicos, a NS.DGC-nº29/88 (Norma de Serviço do Diretor de Geociências nº 29 de 22 de setembro de 1988), que trata de especificações para a construção e implantação de marcos geodésicos. O Quadro 05 nos mostra três modelos de marcos.

¹²TOPCON. **Topcon Tools 8 (Previously Available)**. Disponível em: <
<http://www.topconcare.com/en/software/office-applications/topcon-tools-8/>> Acessado em 14 jun. de 2019.

Quadro 05: Modelos de Marcos Geodésicos do IBGE

MODELO	FORMATO	BASE	TOPO	ALTURA	FINALIDADE
A	Tronco de Pirâmide	30 cm x 30 cm	18 cm x 18 cm	40 cm	Marcos principais de levantamentos planialtimétricos de alta precisão e precisão, pontos geosat e azimute.
B	Tronco de Pirâmide	15 cm x 15 cm	10 cm x 10 cm	20 cm	Marcos de profundidade de pontos planimétricos de alta precisão e marcos de segurança de RRNN.
C	Tronco de Pirâmide	25 cm x 25 cm	13 cm x 13 cm	30 cm	Marcos de referência de pontos planimétricos de alta precisão.

Fonte: IBGE, 1988, p. 01 (adaptado pelo autor)

Para sua construção, o IBGE (1988, p. 01) recomenda um traço mínimo de concreto na proporção volumétrica de 1:2:4 de cimento, areia e brita nº 0 (zero) ou 1 (um). Os marcos geodésicos deverão ser confeccionados no local, de preferência com fôrmas metálicas e com uso de um desmoldante. Em casos de locais de difícil acesso, poderá ser fundido *in loco*. O concreto deverá ser adensado com uso de vibrador portátil ou martelo de borracha.

A chapa padrão IBGE é fixada no topo do marco, centralizado-a, assim que o concreto adquirir consistência. Uma pintura em tom alaranjado deve ser aplicada sobre o marco. Como base, deverá ser feita uma cava quadrangular com 50 cm de lado e 20 cm de profundidade, depois reduzirá a dimensão para 40 cm de lado e com uma profundidade de 80 cm. Uma proteção adicional deverá ser feita distando 10 cm das bordas da fundação, com 20 cm de largura e 10 cm de altura, sendo 05 cm enterrados. Figuras ilustrando esses procedimentos serão mostradas no próximo capítulo. (IBGE, 1988, p. 01)

Notam-se então algumas de suas vantagens, como: 1) não há necessidade de equipamentos de monitoramento contínuo; 2) será utilizado somente quando o usuário for empregar o equipamento posicionando-o sobre o ponto; e 3) baixo custo de implantação em relação a redes de monitoramento contínua.

3.3.1 Marcos geodésico em São Luís/MA

Através do Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE, pode-se consultar quais estações GPS existem no município de São Luís, localizado no estado do Maranhão. O BDG está disponível pelo através do site < <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>>.

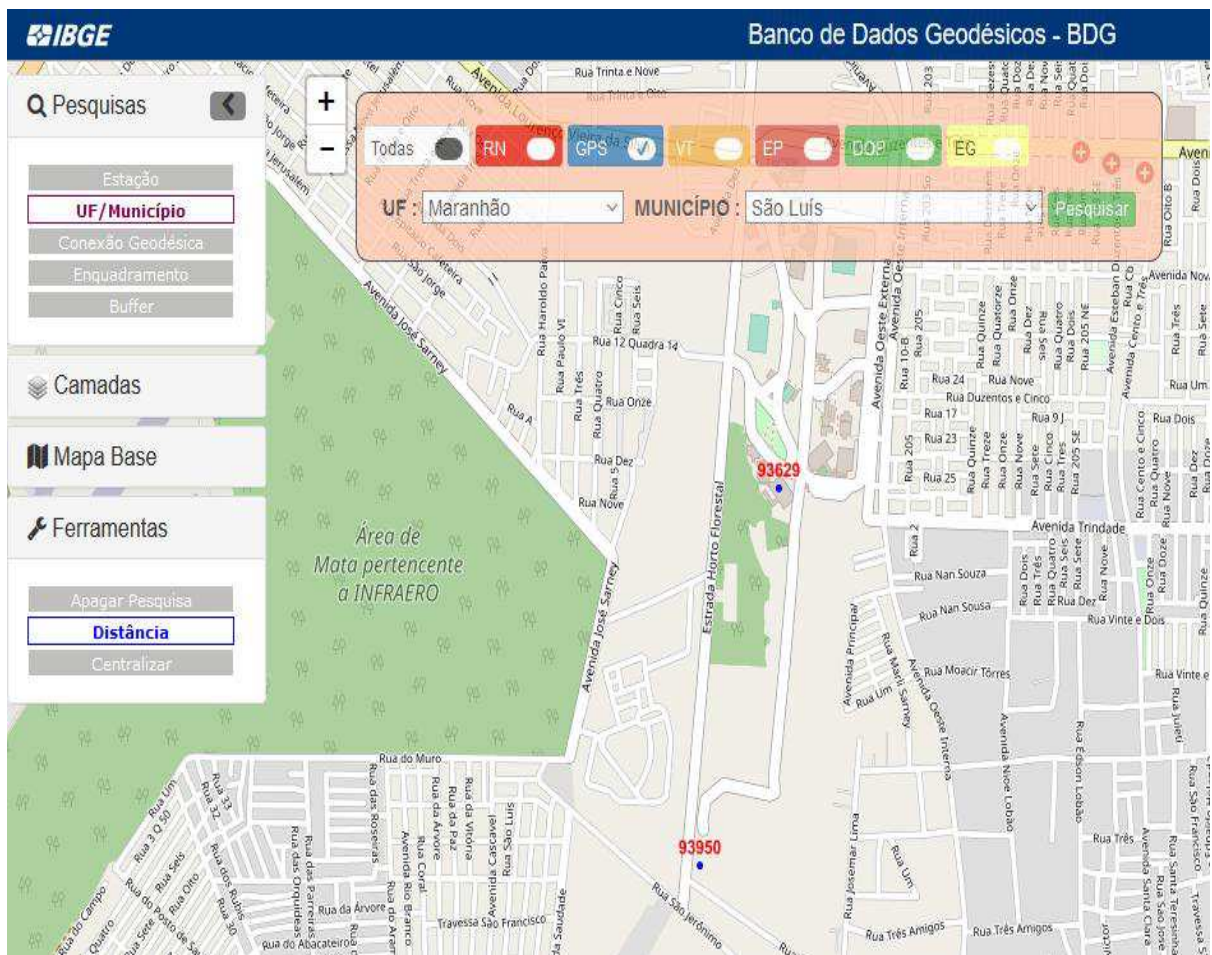
Ao acessar, informar no menu “Pesquisas” o estado (Maranhão) e o município (São Luís), além do tipo de dado, que no caso para este trabalho foi o SAT GPS. Após clicar em “Pesquisar”, serão exibidas no mapa as estações GPS homologadas pelo IBGE, sendo

possível acessar os relatórios emitidos de cada um dos pontos, com informações como as coordenadas, localização do acesso, descrição do marco, etc.

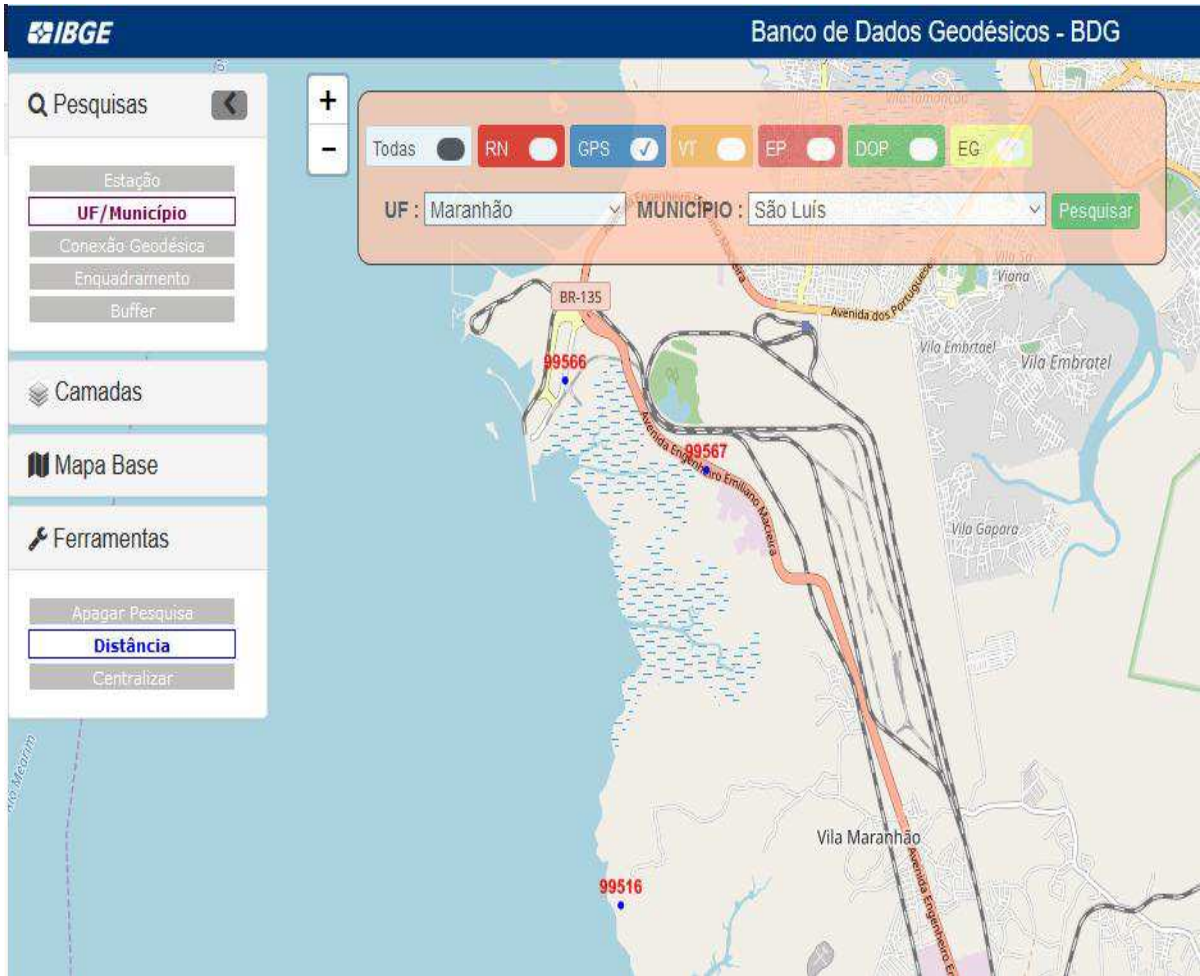
Segundo o BDG, no total, existem 05 (cinco) pontos com dados geodésicos planimétricos em São Luís, sendo destes dois localizados dentro da Universidade Estadual do Maranhão e três no lado oeste da ilha do maranhão.

Percebe-se, conforme as figuras 28 e 29, que existe uma má distribuição dos pontos. Além disso, a Estação de Satélite GPS de numero 93629 é de difícil acesso, pois é no telhado do prédio do Centro de Ciências Tecnológicas e está desativada. Por fim a estação 93950 é uma estação da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) As figura 31 e 32 mostram a localização de cada um dos marcos.

Figura 31: Estações de Satélites GPS na UEMA



Fonte: BDG (recorte do autor)

Figura 32: Demais Estações de Satélites GPS de São Luís

Fonte: BDG (recorte do autor)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste Capítulo será apresentado os materiais, procedimentos e métodos para a implantação do marco geodésico com chapa incrustada. Serão mostrados os materiais, o local definido, as etapas para materialização do marco geodésico, a coleta dos dados do GNSS e o pós-processamento.

4.1 Materiais

O marco geodésico implantado foi confeccionado em concreto simples com a proporção de mistura volumétrica de 1:3:3 de areia média lavada (8 latas¹³), pedra brita nº 01 (14 latas)¹⁴ e cimento portland CP-II-32 (3 latas)¹⁵, respectivamente. Ainda foram empregados os seguintes materiais: chapa de maderite resinada, pá, cavadeira, enxada, colher de pedreiro, facão, martelo, um punhado de pregos, serra de mão, balde de 20 l, carro de mão, tinta em spray na cor alaranjada e uma chapa plástica impressa em uma impressora 3D. Todos os materiais foram cedidos pela UEMA, com exceção a tinta alaranjada que foi uma aquisição particular e a chapa plástica que foi disponibilizada pelo professor da UEMA, Arnaldo Pinheiro de Azevedo.

O modelo de marco adotado foi o modelo A, visto no quadro 05 do capítulo anterior, pois é o modelo mais adequado para marcos geodésicos, conforme a NS.DGC-Nº29/88.

Para o rastreamento das coordenadas foi utilizado um receptor GNSS da marca Trimble, modelo R4 – Model 3, de dupla frequência (L1/CA e L2); um *smartphone* Samsung SM-G611MT, munido com o aplicativo Trimble DL (v.1.0.209); um tripé; um bastonete de 0,25 m; uma base nivelante; um cabo para alimentação com bateria automotiva e uma bateria automotiva.

Para o pós-processamento foi utilizado o IBGE-PPP e o *software* Topcon Tools versão 8.2.3 com os dados das bases da RBMC de Imperatriz-MA e Balsas-MA. A figura 34 mostra o receptor que foi utilizado para o rastreamento dos dados.

¹³ Uma lata é equivalente a 18 Litros ou 0,018 m³

¹⁴ 08 (oito) latas foram usadas para a mistura do concreto e 06 (seis) latas para forrar a área a redor.

¹⁵ Ou um saco (50 kg) e meio.

Figura 33: Equipamentos para o rastreo



Fonte: O autor (2019)

4.2 Metodologia

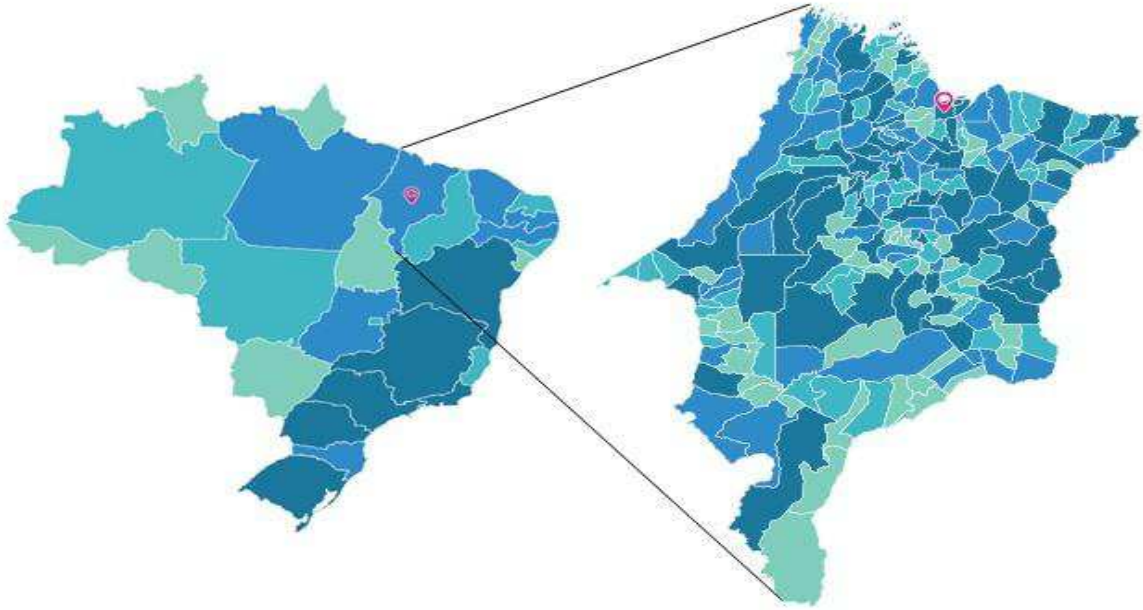
Qualquer marco que se queria implantar deve seguir as especificações técnicas Padronização Marcos Geodésicos NS.DGC-Nº29/88 e para o levantamento de dados é necessário seguir as instruções para a homologação de marcos do IBGE.

Segundo Oliveira e Statella (2017, p. 547 apud IBGE, 2007, p. 01) as novas estações que forem adicionadas ao SGB devem preferencialmente estar amarradas a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) ou, no mínimo, utilizar como estação base uma estação GPS pertencente ao SGB. Devem ser usados receptores com dupla frequência e realizar observações em 04 (quatro) sessões com pelo menos 06 (seis) horas e com intervalos de no mínimo 01 (uma) hora e no máximo 48 (quarenta e oito) horas.

4.2.1 Reconhecimento da área e localização

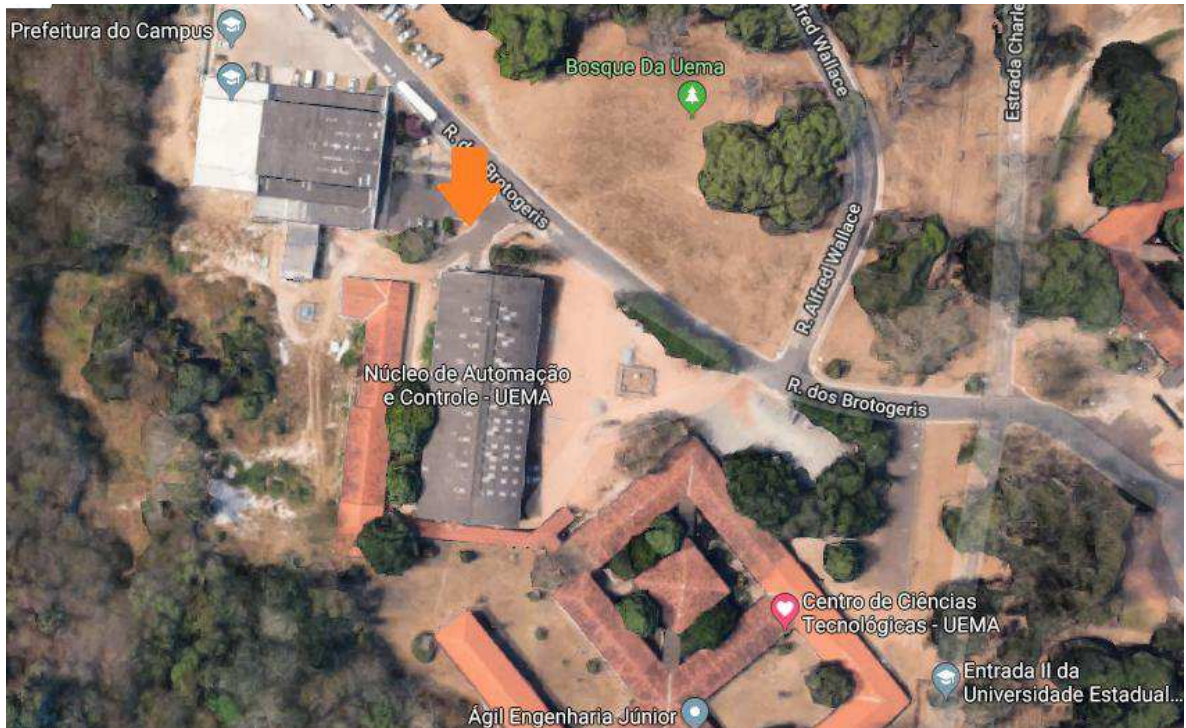
O marco geodésico de concreto foi materializado na cidade de São Luís, capital do Estado do Maranhão. A implantação foi feita no campus Paulo VI, da Universidade Estadual do Maranhão, em frente às instalações da NUTENGE e próximo do Laboratório de topografia, no canteiro do estacionamento da prefeitura do campus. O local é aberto para uma máscara de elevação de 15°, em um local protegido e de fácil localização. Não há previsões de construções ou alterações no local. As figuras 35 à 37 detalham a localização do marco.

Figura 34: Localização de São Luís (escala e orientação representativa)



Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br> (adaptado pelo autor)

Figura 35: Localização do Marco Geodésico dentro da UEMA



Fonte: Google Earth Pro (adaptado pelo autor)

Figura 36: Localização do Marco Geodésico



Fonte: Google Earth Pro (adaptado pelo autor)

4.2.2 Materialização do marco geodésico

Após a definição do local, foi feita uma capina e limpeza da área com um facão e uma enxada, conforme figura 37. Após essa etapa, foi iniciada a abertura da base de 50 cm de lado e 20 cm de profundidade, seguindo a abertura da parte inferior de 40 cm de lado com 80 cm de profundidade com o uso de uma cavadeira, pá e enxada.

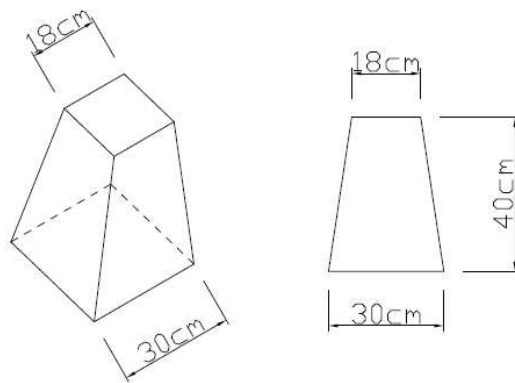
Figura 37: Limpeza e Início das Escavações



Fonte: O autor (2019)

Antecipadamente já havia se confeccionado uma fôrma para o tronco de pirâmide com chapa de maderite resinada, com 30 cm de base inferior, 18 cm de base superior e uma altura de 40 cm. Optou-se pela chapa de maderite por se tratar de uma fôrma que será utilizada apenas para este marco geodésico, não sendo economicamente viável a confecção de uma forma metálica. Além desta, foi elaborada também a fôrma para a base superior, de 50 cm de lado por 20 cm de altura. Nesse caso, foi aproveitada uma peça de forro em PVC, de 20 cm de largura e 2,50 m de comprimento, formando um quadrado com 50 cm de lado, sendo o lado da emenda transpassado com 50 cm. Certamente poderia ser feita também de maderite. A figura 38 mostra as medidas para a montagem da forma do marco, a figura 39 mostra as formas prontas e a figura 40 mostra o buraco pronto.

Figura 38: Medidas do Marco Geodésico



Fonte: O autor (2019)

Figura 39: Molde do Tronco de Pirâmide e Forma da Base Superior.



Fonte: O autor (2019)

Figura 40: Escavação concluída e fôrma colocada.



Deu-se início a mistura do concreto simples e seu lançamento na cava até ficar a 10 cm da borda da base de 50 cm de lado. Recomendam-se cuidados para não deslocar ou desnivelar a fôrma da base durante o lançamento do concreto. Em seguida, foi preenchido o tronco de pirâmide, já instalando a chapa com a identificação do marco. Após aproximadamente 14 (quatorze) horas, colocou-se o tronco de pirâmide sobre a base, centralizando o centro do marco com o centro da base e sendo aplicada uma nata de cimento (cimento e água) na base para dar maior aderência e foi lançado o concreto até completar a borda da base de 50 cm de lado. Após a secagem do concreto foi executada a pintura do marco com uma tinta spray alaranjada. Para este trabalho, devido a sua localização, não foram executadas as proteções adicionais ao marco. As figuras 41 e 42 mostram o marco pronto.

Figura 41: Marco Pronto



Fonte: O autor (2019)

Figura 42: Chapa com o Ponto Geodésico

Fonte: O autor (2019)

4.2.3 Rastreio das coordenadas do marco geodésico

Obedecendo as instruções do IBGE, foram executadas quatro sessões de rastreio, com duração de 06 (seis) horas cada e com intervalos de 01h15 (uma hora e quinze minutos) em média. O método utilizado foi de posicionamento por ponto preciso, com um receptor de dupla frequência. Os parâmetros de entrada foram altura da antena de 1,184 metros nos rastreios medidos até a base do suporte da antena. O estilo de rastreio, evidentemente, foi estático, com uma máscara de elevação de 15° (quinze graus) e intervalos de medição a cada 15 segundos.

O nome dado ao marco foi UEMA-DDR-001, sendo as medições diferenciadas por código, segundo a ordem ordinal de rastreios (DDR seria devido ao nome do saudoso professor de topografia da UEMA, Demerval Dias Ramos). O quadro 06 abaixo mostra os horários, duração e altura inclinada, ou distância inclinada do marco até a linha de fase do receptor e a figura 44 mostra o equipamento empregado no marco geodésico para o rastreio de dados do sistema GNSS.

Quadro 6: Intervalos de observações para o marco geodésico UEMA-DDR-001

OBSERVAÇÕES	INÍCIO (data-hora)	FIM (data-hora)	DURAÇÃO (horas)	ALTURA INCLINADA
UEMA-DDR-001-OBS01	14/06/2019 14:01:30	14/06/2019 20:01:30	06:00:00	1,184 m
UEMA-DDR-001-OBS02	14/06/2019 21:17:00	15/06/2019 03:17:00	06:00:00	1,184 m
UEMA-DDR-001-OBS03	15/06/2019 04:35:15	15/06/2019 10:35:15	06:00:00	1,184 m
UEMA-DDR-001-OBS03	15/06/2019 12:14:45	15/06/2019 18:14:45	06:00:00	1,184 m

Fonte: O Autor (2019)

Figura 43: Receptor TRIMBLE R4-3 coletando dados GNSS, alimentado por bateria automotiva.



Fonte: O autor (2019)

4.2.4 Pós-processamento dos dados

Os resultados obtidos foram em formato .T02. Para o processamento dos dados pelo IBGE-PPP, sabe-se que o formato dos arquivos deve estar em RINEX ou HATANAKA, sendo necessário então converter os arquivos para tal. A conversão foi feita através do *software Convert to Rinex* fornecido pela fabricante do receptor. Feita a conversão, bastou acessar o site do IBGE-PPP e carregar os arquivos RINEX em uma pasta compactada no formato .ZIP e preencher os dados conforme o item 3.2.1 tratado anteriormente.

Como forma de comparar os dados obtidos, realizou-se também o processamento pelo *software Topcon Tools* (versão 8.2.3) para a obtenção de coordenadas relativas em duas hipóteses: A primeira tendo como bases as RBMC de Balsas-Ma (MABS) e Imperatriz-Ma (IMPZ), obtendo-se assim linhas bases longas. A segunda utilizando somente a base de São Luís-Ma (SALU), obtendo-se assim uma linha base curta.

Para usa-lo basta clicar e arrastar os arquivos RINEX das bases RBCM obtidas no site do IBGE e soltar dentro do programa, que irá importar e carregar os arquivos. O mesmo procedimento é feito com os arquivos RINEX das observações. Além destes tipos de arquivos, também é necessário para uma maior precisão realizar o mesmo procedimento com os arquivos das efemérides precisas, que podem ser encontradas no site da *GNSS Calendar*, bastando clicar no dia desejado para obter os dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Além do marco materializado já apresentado nas Figuras 41 e 42, os quadros de 07 a 10 a seguir mostram as coordenadas processadas de cada observação de acordo com os itens anteriores, sendo elas as coordenadas processadas com o IBGE-PPP e as coordenadas processadas com o *Topcon Tools* utilizando bases da RBMC como referência, incluindo seus desvios-padrão σ_N para a ordenada Norte, σ_E para a abscissa Este e σ_h para a altitude. As coordenadas apresentadas estão no sistema UTM. Os relatórios que comprovam os valores estão nos Anexos de A até L.

Quadro 07: Processamento dos dados da Observação 01

UEMA-DDR-001-OBS-01	N (m)	E (m)	h (m)
---------------------	-------	-------	-------

Os resultados que foram obtidos, ao se analisar os desvios-padrão, evidenciam que a observação UEMA-DDR-001-OBS-03, pós-processada pelo IBGE-PPP apresentou os menores valores para o desvio-padrão em comparação com as demais observações também pós-processadas pelo IBGE-PPP, tornando-se assim o mais propício para ser adotado como coordenada oficial do local. Fato que pode ser confirmado pelos valores dos desvios-padrão encontrado com o pós-processamento da mesma observação utilizando estação de SALU como referência, onde se encontraram os menores valores de desvios-padrão em relação a todos os valores encontrados após o pós-processamento por qualquer um dos métodos e hipóteses.

Fica claro também que as coordenadas obtidas pelo PPP-IBGE e as obtidas utilizando a base RBMC de SALU como referência apresenta uma boa precisão, apresentando valores mais próximos bem como também os menores valores para os desvios-padrão. Quando comparado com os dados onde as bases RBMC de IMPZ e MABS foram estilizadas como referencia os valores apresentam má precisão e valores de desvios-padrão maiores.

A discrepância dos dados pode ser explicada pelo tamanho da linha base que foi gerada no processamento dos dados, visto a base de SALU está a poucos quilômetros do marco objeto de estudo, ao passo que as bases de IMPZ e MABS estão a algumas centenas de quilômetros. Como visto neste trabalho, esse é um dos fatores que podem alterar a precisão dos dados. Além disso, IBGE-PPP leva em conta apenas os dados dos satélites GNSS, não estando vinculado a nenhum ponto conhecido, conforme visto neste trabalho. Já o pós-processamento com o Topcon Tools, é necessário inserir uma estação de referência, como as RBMC, ou seja, além dos dados do sistema GNSS, leva-se em conta os dados da estação de referencia.

A título de comparação, Oliveira e Statella (2017) realizaram a implantação de uma estação geodésica em Cuiabá-MT, inicialmente chamada de CW7-F9N e homologada pelo IBGE com o nome de SAT-99615, e os valores obtidos com a média dos PPP, com as estações RBMC e o valor homologado pelo IBGE também apresentaram discrepâncias. Conforme seus resultados na tabela 11 as seguir.

Tabela 11: Tabela com as coordenadas em projeção UTM da estação implantada por Oliveira e Statella: conforme coordenadas médias obtidas via PPP, coordenadas obtidas via processamento próprio usando a RBMC e homologada pelo IBGE.

CW7-F9N	N (m)	E (m)	h (m)
----------------	--------------	--------------	--------------

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho objetivou a implantação de um marco geodésico, bem como o rastreamento das coordenadas UTM e Geográficas, na Universidade Estadual do Maranhão, no campus Paulo IV. A materialização do marco e o processamento dos dados foram metodologicamente seguidos à risca, conforme as orientações do IBGE a cerca da construção de marcos geodésicos.

Fica definido que o nome do marco é UEMA-DDR-001 e fica definido que as Coordenadas UTM $N = 9.714.530,893$ m e $E = 587.790,732$ m e a altitude $h = 9,420$ m, bem como as Coordenadas Geográficas $\varphi = -2^\circ 34' 56,8717''$ e $\lambda = -44^\circ 12' 36,9908''$. Esses são os valores com maior confiança após o processamento de dados conforme visto no item 4.2.

Elaborou-se um relatório que estará em anexo, especificamente o anexo M, com todas as informações do marco geodésico UEMA-DDR-001, como: localização, coordenadas, descrição do marco, fotos, etc. Ele estará disponível junto ao Laboratório de Topografia nas dependências do Centro de Ciências Tecnológicas, da UEMA, disponível para quem quiser utilizar os dados do marco geodésico.

Agora qualquer profissional que desejar executar levantamento geodésico terá mais um marco geodésico disponível para utilizar como referências em seus projetos na cidade de São Luís – MA, mais especificamente nas proximidades do Campus Paulo IV, Universidade Estadual do Maranhão.

A implantação de n marcos geodésicos nos demais campus da UEMA onde existam cursos com disciplinas ligadas a Topografia, GPS e Geodésia seriam de grande contribuição para o entendimento e compreensão dos processos e importância dos marcos geodésicos. Além de aumentar a densidade da malha de marcos geodésicos da rede geodésica brasileira, caso sejam homologados.

Como considerações finais o autor recomenda que ocorra a homologação do marco geodésico para se tornar uma estação SAT-GPS vinculada ao Sistema Geodésico Brasileiro, visto não sido feito pelo mesmo por questões cronológicas. Bastará agora apresentar as fotos e os dados dos rastreios que estão armazenados no Laboratório de Topografia da UEMA. As coordenadas adotadas pelo IBGE e a nomenclatura poderão se diferenciar das obtidas neste trabalho, pois o mesmo não estabelece critérios para a definição da nomenclatura.

Assim que homologado, poderia ser proposta uma matéria jornalística para a divulgação do marco geodésico com coordenadas oficiais reconhecidas pelo IBGE, a ser publicada no site da Universidade Estadual do Maranhão com fotos, descrição, comentários sobre a importância do mesmo e também a disponibilização do relatório final do IBGE.

Já para a construção de marcos geodésico, o autor recomenda que se for optado pela utilização de fôrmas de madeira como no caso deste trabalho, atentar para um reforço nas emendas com mais pregos ou mesmo com uso de parafusos para evitar o descolamento da mesma. Devido à pressão do concreto na forma, notou-se uma leve abertura na forma, que causou uma leve deformação no formato do marco.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Cesar Augusto Siega. **Topografia Prática**. Apostila. Universidade Federal do Pampa. [20-?]

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal**

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Padronização de Marcos Geodésicos**, 1988. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pdf/padronizacao_marcos.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos e Estáticos**

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. TEIXEIRA, Andre. **Manual de Práticas de Topografia: Série Tekne**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Z.; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. [S.l.:s.n.], 2012.

WENDT, Lucas George. **Marcos geodésicos: importantes e desconhecidos**, 2018. Disponível em: <<http://www.informativo.com.br/geral/marcos-geodesicos-importantes-e-desconhecidos,263794.jhtml>> Acesso em: 24 de maio de 2019

XAVIER, Alexandre Machado. **Emprego de Instrumentação Topográfica/Geodésica no Contexto da NBR 14645: Aplicações ao Controle Dimensional de Edificações e ao Cadastro**. 2017. 124f. Monografia (Graduação em Engenharia Cartográfica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

ZIMMERMANN, Cláudio C. **Apostila de Topografia**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia. Florianópolis, SC. 2015.

OLIVEIRA, C. **Dicionário cartográfico**. 4^a edição. Rio de Janeiro, IBGE, 1993.

BORGES, Paulo Augusto Ferreira. **Métodos de Posicionamento por GNSS**. Apostilha. Disponível em: <<https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/~paulo.borges/>> Acesso em: 03 de jul. de 2019.

IBGE-PPP. **Serviço online para pós-processamento de dados GNSS - IBGE-PPP**. Disponível em: < <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>> Acesso em: 09 de maio de 2019.

ANEXOS

ANEXO A – Relatório PPP – UEMA-DDR-001-OBS-01



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: UEMA-DDR-001

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/06/14 17:01:30,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/06/14 23:01:15,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,184
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,70 GPS 2,56 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,27 GPS 1,27 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alr. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (t a que deve ser usado) ⁴	-2° 34' 56,8715"	-44° 12' 36,9909"	9,44	9714530.899	587790.729	-45
Na data do levantamento ⁵	-2° 34' 56,8642"	-44° 12' 36,9932"	9,44	9714531.123	587790.658	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,005	0,017	0,018			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	34,34					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados coletados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário.

Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contatar: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

ANEXO B – Relatório PPP – UEMA-DDR-001-OBS-02


Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)
Sumário do Processamento do marco: UEMA-DDR-001

Início:AAAA/MM/DD HH:MM-SS,SS	2019/06/15 00:17:00,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM-SS,SS	2019/06/15 06:16:45,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,184
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,53 GPS 2,56 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,22 GPS 1,35 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (0 a que deve ser usada) ⁴	-2° 34' 56,8720"	-44° 12' 36,9926"	9,36	9714530.884	587790.677	-45
Na data do levantamento ⁵	-2° 34' 56,8647"	-44° 12' 36,9949"	9,36	9714531.108	587790.696	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,004	0,011	0,018			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	34,26					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados recebidos e do correto processamento das informações por parte do usuário.
 Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218151.
 Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.

ANEXO C – Relatório PPP – UEMA-DDR-001-OBS-03



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: UEMA-DDR-001

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/06/15 07:35:15,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/06/15 13:35:00,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,184
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,54 GPS 2,79 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,99 GPS 1,11 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (N a que deve ser usado) ⁴	-2° 34' 56,8717"	-44° 12' 36,9908"	9,42	9714530.893	587790.732	-45
Na data do levantamento ⁵	-2° 34' 56,8644"	-44° 12' 36,9931"	9,42	9714531.117	587790.661	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,006	0,010			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	34,32					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados coletados e do correto processamento das informações por parte do usuário.

Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contatar: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Geomatic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

ANEXO D – Relatório PPP – UEMA-DDR-001-OBS-04


Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)
Sumário do Processamento do marco: UEMA-DDR-001

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/06/15 15:14:45,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/06/15 21:14:30,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,184
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,70 GPS 2,92 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,14 GPS 1,15 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (0 a que deve ser usada) ⁴	-2° 34' 56,8713"	-44° 12' 36,9009"	9,41	9714530.905	587790.729	-45
Na data do levantamento ⁵	-2° 34' 56,8640"	-44° 12' 36,9932"	9,41	9714531.129	587790.658	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,003	0,009	0,014			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	34,31					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados recebidos e do correto processamento das informações por parte do usuário.

Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218151.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.

ANEXO E – Relatório TOPCON TOOLS c/ SALU – UEMA-DDR-001-OBS-01



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-01-SALU.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Minimal constraint

Confidence level: 68 %

Number of adjusted points: 2

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 1

A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,293	245,718	-9,501	0,003	0,006

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,293	245,718	-9,501	0,003	0,006

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
SALU	9713315,615	587544,987	18,984	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,908	587790,705	9,483	01

ANEXO F – Relatório TOPCON TOOLS c/ SALU – UEMA-DDR-001-OBS-02



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-02-SALU.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Minimal constraint

Confidence level: 68 %

Number of adjusted points: 2

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 1

A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,293	245,723	-9,494	0,004	0,007

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,293	245,723	-9,494	0,004	0,007

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
SALU	9713315,615	587544,987	18,984	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,908	587790,710	9,490	

ANEXO G – Relatório TOPCON TOOLS c/ SALU – UEMA-DDR-001-OBS-03



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-03-SALU.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Minimal constraint

Confidence level: 68 %

Number of adjusted points: 2

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 1

A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,284	245,723	-9,490	0,001	0,002

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,284	245,723	-9,490	0,001	0,002

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
SALU	9713315,615	587544,987	18,984	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,899	587790,710	9,494	

ANEXO H – Relatório TOPCON TOOLS c/ SALU – UEMA-DDR-001-OBS-04



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-04-SALU.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Minimal constraint

Confidence level: 68 %

Number of adjusted points: 2

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 1

A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,285	245,725	-9,493	0,002	0,004

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-UEMA-DDR-001	1215,285	245,725	-9,493	0,002	0,004

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
SALU	9713315,615	587544,987	18,984	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,900	587790,712	9,491	

ANEXO I – Relatório TOPCON TOOLS c/ IMPZ e MABS – UEMA-DDR-001-OBS-01



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-01.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W
 Geoid:
 Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Constraint
 Confidence level: 68 %
 Number of adjusted points: 3
 Number of plane control points: 2
 Number of used GPS vectors: 3
 A posteriori UWE: 0,6479123 , Bounds: (0,6770032 , 1,241639)
 Number of height control points: 2

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
IMPZ-MABS	225296,294	161990,811	121,877	0,040	0,068
IMPZ-UEMA-DDR-001	322132,106	364489,918	-95,244	0,088	0,061
MABS-UEMA-DDR-001	547428,379	202499,123	217,154	0,095	0,073

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
IMPZ-MABS	225296,294	161990,811	121,877	0,040	0,068
IMPZ-UEMA-DDR-001	322132,106	364489,918	-95,244	0,088	0,061
MABS-UEMA-DDR-001	547428,379	202499,123	217,154	0,095	0,073

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
IMPZ	9392398,832	223300,718	105,008	
MABS	9167102,569	385291,512	226,896	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,942	587790,637	9,757	

ANEXO J – Relatório TOPCON TOOLS c/ IMPZ e MABS – UEMA-DDR-001-OBS-02



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-02.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W
 Geoid:
 Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Constraint
 Confidence level: 68 %
 Number of adjusted points: 3
 Number of plane control points: 2
 Number of used GPS vectors: 3
 A posteriori UWE: 0,9517912 , Bounds: (0,6770032 , 1,241639)
 Number of height control points: 2

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
IMPZ-MABS	225296,298	161990,812	121,830	0,040	0,068
IMPZ-UEMA-DDR-001	322132,122	364490,048	-95,325	0,055	0,090
MABS-UEMA-DDR-001	547428,420	202499,162	217,123	0,090	0,078

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
IMPZ-MABS	225296,298	161990,812	121,830	0,040	0,068
IMPZ-UEMA-DDR-001	322132,122	364490,048	-95,325	0,055	0,090
MABS-UEMA-DDR-001	547428,420	202499,162	217,123	0,090	0,078

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
IMPZ	9392398,832	223300,718	105,008	
MABS	9167102,569	385291,512	226,896	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,981	587790,740	9,749	

ANEXO K – Relatório TOPCON TOOLS c/ IMPZ e MABS – UEMA-DDR-001-OBS-03



Project Summary

Project name: UEMA-DDR-001-OBS-03.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_23 : 48W to 42W
 Geoid:
 Adjustment Summary

Adjustment type: Plano + Altura, Constraint
 Confidence level: 68 %
 Number of adjusted points: 3
 Number of plane control points: 2
 Number of used GPS vectors: 3
 A posteriori UWE: 0,8212663 , Bounds: (0,6770032 , 1,241639)
 Number of height control points: 2

Used GPS Observations

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
IMPZ-MABS	225296,299	161990,818	121,825	0,039	0,069
IMPZ-UEMA-DDR-001	322132,102	364489,950	-95,299	0,055	0,089
MABS-UEMA-DDR-001	547428,387	202499,133	217,174	0,101	0,060

GPS Observation Residuals

Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
IMPZ-MABS	225296,299	161990,818	121,825	0,039	0,069
IMPZ-UEMA-DDR-001	322132,102	364489,950	-95,299	0,055	0,089
MABS-UEMA-DDR-001	547428,387	202499,133	217,174	0,101	0,060

Control Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
IMPZ	9392398,832	223300,718	105,008	
MABS	9167102,569	385291,512	226,896	

Adjusted Points

Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código
UEMA-DDR-001	9714530,950	587790,665	9,722	