

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO ALVES FLORENTINO

JULYANNE DE MOURA LIMA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO ENTRE ESTAÇÃO TOTAL E GPS RTK**

ANÁPOLIS / GO

2021

**EDUARDO ALVES FLORENTINO
JULYANNE DE MOURA LIMA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO ENTRE ESTAÇÃO TOTAL E GPS RTK**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES
COORIENTADOR: GLEIDSON S. PULQUERIO QUEIROZ**

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

FLORENTINO, EDUARDO ALVES / LIMA, JULYANNE MOURA

Análise comparativa de levantamento topográfico entre estação total e GPS RTK.

68P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Levantamento topográfico

2. Nivelamento Trigonométrico

3. GPS

4. Nivelamento Geométrico

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FLORENTINO, Eduardo Alves; LIMA, Julyanne de Moura. Análise comparativa de levantamento topográfico entre estação total e GPS RTK. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 68p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Eduardo Alves Florentino

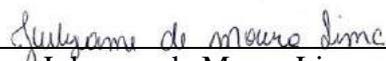
Julyanne de Moura Lima

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise comparativa de levantamento topográfico entre estação total e GPS RTK.

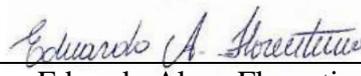
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.


Julyanne de Moura Lima

E-mail: julyannedemouralima@gmail.com


Eduardo Alves Florentino

E-mail: eduardo.thc1@hotmail.com

EDUARDO ALVES FLORENTINO

JULYANNE DE MOURA LIMA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO ENTRE ESTAÇÃO TOTAL E GPS RTK**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

Carlos Eduardo Fernandes

**CARLOS EDUARDO FERNANDES, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**

GLEIDSON SENA PULQUERIO Assinado de forma digital por GLEIDSON
SENA PULQUERIO QUEIROZ:95861688168
QUEIROZ:95861688168 Dados: 2021.11.08 21:40:33 -03'00'

**GLEIDSON SENA PULQUERIO QUEIROZ, (RM 12 TOPOGRAFIA)
(COORIENTADOR)**

Glediston N. C. Júnior

**GLEDISTON N. COSTA JUNIOR, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

Kiria Nery A. do E. S. Gomes

**KIRIA NERY A. DO ESPÍRITO S. GOMES, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 NOVEMBRO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a glória de chegar até aqui e sempre ter me abençoado durante as minhas conquistas. Aos meus pais, por serem o meu alicerce, não deixando nunca desistir dos meus objetivos. Agradeço por terem me ensinado que a maior riqueza de uma pessoa são os estudos.

Julyanne de Moura Lima

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre está ao meu lado e por me dá vida e saúde para realizar esse grande sonho.

Aos meus pais Renato e Rosangela, por sempre me incentivar e apoiar meus estudos, e por nunca medir esforços para que eu tivesse um estudo de qualidade, mesmo com todas as dificuldades que enfrentamos eles sempre estiveram comigo.

A minha esposa Isabella por estar em todos os momentos do meu lado, nas noites não dormidas, dos finais de semanas trabalhando e estudando juntos, por estar ao meu lado sempre e me incentivando e me apoiando em todas as minhas decisões.

Aos meus professores orientadores Carlos Eduardo e Gleidson.

Eduardo Alves Florentino

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados das comparações de diferentes tipos de levantamento topográfico disponíveis nos dias atuais na construção civil, nesse caso será analisado em específico um levantamento realizado com uma Estação Total e GPS (GNSS - RTK) (GNSS). A importância dessas informações coletadas ajuda a analisar e monitorar vários problemas em que enfrentamos no nosso dia a dia, como por exemplo: recalques estruturais, pode acontecer de uma parte da obra invadir o terreno de outro proprietário ou uma área de preservação permanente. Em construções onde há escavações, existe a possibilidade um grande prejuízo financeiro e problemas para a comunidade com o rompimento de adutoras, cabeamento elétrico, fibras ópticas ou dutos caso não seja investigada a presença de interferências subterrâneas. A construção civil nos últimos tempos teve grande crescimento, e com essa eclosão há uma falha muito grande na não execução desses levantamentos, os estudos realizados de maneira inadequada podem causar problemas imensuráveis, que vão desde o aumento do custo da obra até a paralização total da construção, levando assim um prejuízo inicial desnecessário. A maioria dos problemas em obras de pequeno porte e até grande porte, podem estar ligados diretamente ou indiretamente, devido à baixa qualidade dos levantamentos topográficos realizados e até à não execução do mesmo, devido a esse crescimento a procura por profissionais mais baratos se torna cada vez mais comum, com isso a baixa qualidade nos levantamentos se torna cada vez mais comum. Conhecer com precisão os detalhes de um terreno é imprescindível e decisivo para a elaboração de um projeto de qualidade, assim reduzindo custos e desperdícios excessivos e assim evitando imprevistos na hora de realizar uma nova construção. Por fim, após a análise das duas comparações foi obtido que o levantamento com GPS RTK é o mais eficaz em relação aos detalhamentos do terreno, precisão e tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Levantamento topográfico, Nivelamento Geométrico, Nivelamento Trigonométrico, GPS (GNSS - RTK).

ABSTRACT

This work aims to present the results of comparisons of different types of topographic surveys that we have available today in civil construction, in this case we will specifically analyze a survey carried out with a Total Station and GPS (GNSS - RTK) (GNSS). The importance of this collected information helps us analyze and monitor various problems we face in our daily lives, such as: repression occurs, it may happen that a part of the work invades another owner's land or an area of permanent preservation. In constructions where there are excavations, there is a possibility of creating great financial loss and problems for the community with the rupture of water mains, electrical cabling, optical fibers or ducts if the presence of underground interference is not investigated. Civil construction has only been growing in recent years and with this growth there is a very large failure in not carrying out these surveys, studies carried out inappropriately can cause immeasurable problems, ranging from the increase in the cost of the work to the total stoppage of the construction, thus leading to unnecessary initial damage. Most of the problems in small and even large works can be directly or indirectly linked, due to the low quality of the topographic surveys carried out and even the non-execution of the same, due to this growth the demand for cheaper professionals becomes increasingly more common, with that the low quality in the surveys becomes more and more common. Accurately knowing the relief of a land is essential and decisive for the development of a quality project, as well as excessive costs and waste, thus avoiding unforeseen events when carrying out a new construction. Finally, after analyzing the two comparisons, it was found that the RTK GPS survey is the most effective in terms of terrain detail, accuracy and time.

KEYWORDS: Topographic survey, Geometric Leveling, Trigonometric Leveling, GPS (GNSS - RTK).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Terra esférica – coordenadas astronômicas	19
Figura 2 - Relação entre as superfícies física, geoidal e elipsoidal	20
Figura 3 - Relação entre Geóide e Elipsóide	21
Figura 4 - Plano em topografia	23
Figura 5 - Aqueduto de Segóvia	24
Figura 6 - Divisão e subdivisões da Topografia	25
Figura 7 - Representação planimétrica e planialtimétrica	27
Figura 8 - Barômetro Aneróide	29
Figura 9 - Barômetro Mercúrio	29
Figura 10 - Constelação GPS.....	30
Figura 11 - Nivelamento Geométrico Simples	32
Figura 12 - Cálculo de diferença de nível da Figura 11	32
Figura 13 - Cálculo das cotas da Figura 12	32
Figura 14 - Nivelamento Geométrico Simples	33
Figura 15 - Nivelamento simples e composto	34
Figura 16 - Nivelamento simples	35
Figura 17 - Nivelamento Composto	36
Figura 18 - Obtenção da DN em dois pontos com DH diferente de “0”	37
Figura 19 - Obtenção da DN em dois pontos com DH igual de “0”	38
Figura 20 - Obtenção da DN igual a zero através de nivelamento trigonométrico	38
Figura 21 - Modelos diferentes de Teodolitos.....	41
Figura 22 -Trena de fibra de vidro.....	42
Figura 23 - Erro de Catenária	42
Figura 24 - Falta de horizontalidade da trena	43
Figura 25 - Baliza	43
Figura 26 - Falta de verticalidade da baliza.....	44
Figura 27 - Prisma	45
Figura 28 - Piquete	45
Figura 29 - Estacas testemunhas.....	46
Figura 30 - Mira.....	46
Figura 31 – Níveis de luneta.....	47

Figura 32 - Tripé de alumínio.....	48
Figura 33 – Nível de cantoneira	48
Figura 34 - Modelo de Estação Total	49
Figura 35 - Tripé de alumínio e GPS (base).....	50
Figura 36 - Coletando pontos com GPS (<i>Rover</i>).....	51
Figura 37 - Celular fixado no <i>Rover</i>	51
Figura 38 - Dados do GPS após ser descarregado.....	52
Figura 39 - Programa <i>Rinex</i>	52
Figura 40 - Demonstrativo da conversão de dados	53
Figura 41 - Site IBGE.....	53
Figura 42 - Site IBGE.....	54
Figura 43 - Relatório enviado pelo IBGE.....	54
Figura 44 - Projeto Planialtimétrico com norte magnético.....	55
Figura 45 - Prisma e Estação Total.....	56
Figura 46 - Pontos obtidos pela Estação Total.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução do estudo da Geodésia.....	17
Quadro 2 – Unidades de medidas na topografia.....	26
Quadro 3 - Instrumentos utilizados no nivelamento topográfico	28
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens	58

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Alguns elipsoides e seus parametros	20
Tabela 2 - Classificação dos níveis	34
Tabela 3 - Modelo de caderneta de campo	36
Tabela 4 - Modelo de caderneta de campo	37
Tabela 5 - Classificação de teodolitos	40

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DATUM	Sistema de referência utilizado para correlação de um levantamento
GLONASS	Sistema de Navegação Global por Satélite
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System / Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
NBR	Norma Brasileira
NMM	Nível Médio dos Mares
SAD	South American Datum
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UIGG	União Internacional de Geodésia e Geofísica
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
RINEX	Receiver Independent Exchange Format

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 A TOPOGRAFIA E A GEODÉSIA COMO NECESSIDADE	17
2.1 CONCEITOS	17
2.2 MODELO ESFÉRICO.....	18
2.3 MODELO GEOIDAL.....	19
2.4 MODELO ELIPSOIDAL.....	20
2.5 MODELO PLANO	21
3 TOPOGRAFIA	24
3.1 HISTÓRICO	24
3.2 ALTIMETRIA	26
3.2.1 Principais métodos de nivelamentos topográficos.....	28
3.2.1.1 Barométrico	29
3.2.1.2 Satélites.....	30
3.2.1.3 Geométrico	31
3.2.1.3.1 <i>Instrumentos e acessórios</i>	<i>33</i>
3.2.1.3.2 <i>Tipos de nivelamento geométrico</i>	<i>34</i>
3.2.1.4 Trigonométrico	37
3.2.1.4.1 <i>Diferença de nível por dois pontos de DH diferentes.....</i>	<i>38</i>
3.2.1.4.2 <i>Instrumentos e acessórios</i>	<i>39</i>
4 INSTRUMENTOS E ACESSÓRIOS.....	41
4.1 TEODOLITOS.....	41
4.2 TRENAS	41
4.2.1 Principais fontes de erro na medição com trenas:.....	42
4.3 BALIZA	43
4.3.1 Erro de verticalidade.....	43
4.4 PRISMA.....	44
4.5 PIQUETES.....	45

4.6	ESTACAS TESTEMUNHAS.....	46
4.7	MIRAS-FALANTE	46
4.8	NÍVEIS DE LUNETAS	47
4.9	TRIPÉ.....	47
4.10	NÍVEL DE CANTONEIRA	48
4.11	ESTAÇÃO TOTAL	49
5	ESTUDO DE CASO	50
5.1	LEVANTAMENTO REALIZADO PELOS ACADÊMICOS COM GPS.....	50
5.1.1	Levantamento realizado pelos acadêmicos com Estação Total.....	56
5.1.2	Análise do GPS com a Estação Total.....	58
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A	63
	APÊNDICE A	64
	APÊNDICE B.....	65
	APÊNDICE C	66
	APÊNDICE D	67
	APÊNDICE E.....	68

1 INTRODUÇÃO

A humanidade sempre necessitou conhecer o meio que vivia por questões de deslocação, segurança, plantios, etc. Diante do contexto histórico, nos diversos processos evolutivos, necessitou especializar-se em demarcar os domínios para uso nas atividades agrícolas e de construção de moradias, utilizando-se da Topografia. Para a realização das demarcações eram necessários alguns instrumentos que auxiliassem nesse trabalho, daí o surgimento dos primeiros instrumentos topográficos, embora que rudimentares (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

Segundo Espatel (1987), a topometria pode ser subdividida em três tipos de levantamentos, sendo o primeiro deles o levantamento planimétrico: cujo o objetivo é a descrição plana do terreno. Essas informações obtidas no levantamento planimétrico nos permitem calcular áreas e distâncias. As informações contidas nesse esquema são informações plana como por exemplo: distância e ângulos entre dois pontos.

O segundo é o levantamento altimétrico: cujo o foco é nas informações altimétricas, seja no cálculo ou nas representações altimétricas e nesse levantamento se utiliza as diferenças de nível sejam elas, artificialmente ou naturalmente implantadas ou existentes no terreno e essas informações são calculadas, medidas e representadas. Nesse método é possível calcularmos distâncias verticais (diferenças de nível), e volumes (BORGES, 2013).

Segundo Borges (2013), o terceiro é o levantamento planialtimétrico: é simplesmente a aplicação simultânea dos levantamentos planimétricos e altimétricos nesse método é possível calcular distâncias horizontais e verticais, áreas, volumes e planejar um infinidades de coisas que seriam muito difíceis de serem projetadas e planejadas diretamente no campo.

Para esta pesquisa foi adotado os seguintes métodos: Geométrico, Trigonométrico e por GNSS - RTK. Logo em seguida foram comparados os resultados dos métodos aplicados em uma determinada área, afim de responder a questionamentos sobre: tempo de execução, melhor qualidade, precisão e custo.

1.1 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que a topografia é imprescindível em diversas áreas, umas delas é a engenharia civil. Por meio das ramificações de topografia se identifica as dimensões reais de qualquer área, tal conhecimento é indispensável na elaboração dos diferentes tipos de projetos, ela caracteriza construções e delimitações.

A topografia representa um processo crítico no planejamento de uma planta na construção civil, pois um erro nos ângulos e distâncias pode acusar prejuízos e gastos altos e imprevisíveis. Os diferentes tipos de equipamentos existentes no mercado para levantamentos topográficos planialtimétrico apresentam resultados com diferentes acuracidades, diante disso é de extrema importância escolher a melhor alternativa, de modo a alcançar eficiência na execução dos serviços, relacionando, ainda, economia e qualidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar uma comparação entre dois tipos de equipamentos mais utilizados na Topografia para se realizar um levantamento topográfico, assim verificar as comparações entre custo, precisão e eficácia em um determinado terreno. O local escolhido foram 2 lotes de 12x30m dentro do Residencial Gaudi – Anápolis/GO, com uma área total de 720,49m² com 108,11m de perímetro.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo de campo através do levantamento topográfico utilizando a Estação Total e GPS (GNSS – RTK) e assim apontar a eficácia, precisão, tempo, qualidade e relação custo benefício.
- Avaliar o desempenho desde a coleta dos dados em campo, processamento dos dados no escritório, desenho do projeto, e a entrega para o cliente
- Obtenção das informações dos detalhamentos do terreno com as medidas de altimetria, dimensões e detalhamentos diversos.

METODOLOGIA

Sempre houve uma demanda muito grande e frequente em obras de engenharia, com essa demanda de nivelamentos geométricos e trigonométrico, o princípio de tais métodos é a obtenção do desnível, e mesmo assim existe um certo tipo de limitação e morosidade nos procedimentos de coletas de dados.

Com isso este trabalho foi realizado através de uma análise bibliográfica e comparação com a experiência de rastreamento direto de campo no modo pesquisa-ação. A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da consulta em livros e artigos da área, que tem propósito de fundamentar de forma relevante o assunto abordado pelos pesquisadores. Tais pesquisas foram realizadas por meio da consulta em livros e artigos nos sites de pesquisas acadêmicas como: Google Acadêmico, Science.gov, Periódicos (Portal da CAPES). Já o acompanhamento direto de campo ocorreu no Residencial Gaudi, com a orientação do profissional engenheiro civil, Gleidson que dispõe de todos os equipamentos necessários para a realização dos levantamentos topográficos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

- Este trabalho será dividido em partes, isto é, foi separado em cinco capítulos, os quais serão discriminados a seguir.
- O capítulo 2 define de forma mais clara os conceitos de Geodésia que é subdividida em: Geodésia Física, Geodésia Geométrica e Geodésia por satélites. Explica também a Topografia como uma ramificação da Geodésia geométrica.
- O Capítulo 3 faz uma abordagem mais detalhada sobre uma das ramificações da topografia que será o ator principal deste trabalho, a Altimetria e seus diferentes métodos.
- O Capítulo 4 apresenta todas os instrumentos utilizados nos diferentes tipos de levantamentos altimétricos.
- O Capítulo 5 apresenta a descrição dos levantamentos que foram realizados com estudo de campo no modo pesquisa ação e apresentar o melhor custo benefício avaliando todos os quesitos que envolve, qualidade, precisão, tempo e segurança.

2 A TOPOGRAFIA E A GEODÉSIA COMO NECESSIDADE

2.1 CONCEITOS

A Topografia é um ramo da Geodésia Geométrica, o estudo da Geodésia considera sua evolução em duas etapas principais: pré-história e história vejam no Quadro 1: (GEMAL, 1994 *apud* TULER, SARAIVA, 2014).

Quadro 1 - Evolução do estudo da Geodésia

Período	Evolução/acontecimentos
Pré-história	De Erastótenes (século 2 a.C.) às expedições francesas (1870).
História	1º Período: das expedições francesas a 1900
	➤ Dimensões do melhor elipsoide (triangulações);
	➤ Elipsoide não homogêneo;
	➤ Especulações teóricas sobre a forma de equilíbrio de uma massa fluida isolada no espaço e submetida à ação da gravidade;
	➤ Método dos mínimos quadrados
	➤ Trabalhos de astroGeodésia
	2º Período: século passado até o lançamento do Sutnik 1
	• Geodésia física
	• Equipamentos eletrônicos (distanciômetro)
	• Popularização dos computadores e lançamentos do Sputnik 1
	3º Período: o que estamos vivendo
	• Geodésia tridimensional
	• Sistema geodésico mundial (geocêntrico)
	• Posicionamento automático
	• Geodésia extraterrestre
	• Estrutura do campo da gravidade

Fonte: TULER, SARAIVA (2014).

Segundo Domingues (1979) a palavra “Topografia” deriva das palavras gregas “topos” (lugar) e “graphen” (descrever), o que significa, a descrição exata e minuciosa de um lugar. A sua finalidade é determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da

superfície terrestre, do fundo dos mares ou do interior de minas, desconsiderando a curvatura resultante da esfericidade da Terra. Compete ainda à Topografia, a locação, no terreno de projetos elaborados de Engenharia.

A importância da topografia é que ela é a base de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros ou arquitetos. Portanto é fundamental o conhecimento pormenorizado deste terreno, tanto na etapa do projeto, quanto da sua construção ou execução; e, a Topografia, fornece os métodos e os instrumentos que permitem este conhecimento do terreno e asseguram uma correta implantação da obra ou serviço. Por exemplo, os trabalhos de obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, hidrografia, usinas hidrelétricas, telecomunicações, sistemas de água e esgoto, planejamento, urbanismo, paisagismo, irrigação drenagem, etc., se desenvolvem em função do terreno sobre qual se assentam (DOMINGUES, 1979).

Quando apareceram as primeiras indagações sobre o formato da terra – não se sabe ao certo em que época surgiram essas especulações. Sabe, contudo, que, há dois milênios e meio, Pitágoras não aceitava a concepção de uma terra plana; Sócrates era possuído do mesmo pensamento, mas era incapaz de comprovar. Isto posto, o homem passou não só a se preocupar em entender as formas dos terrenos – ou seja, praticar a Topografia-, mas também com a forma e o tamanho do planeta. Surgiu, então o termo Geodésia: a ciência destinada a buscar respostas para a forma e a dimensão da Terra como um todo (TULER, SARAIVA, 2014).

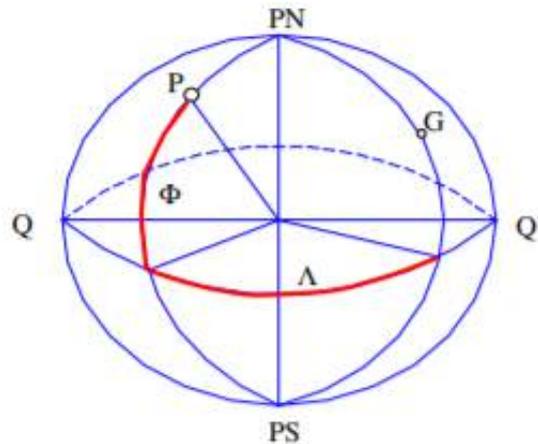
Devido algumas irregularidades da superfície terrestre, podemos considerar quatro tipos de superfícies ou modelo para a sua representação mais simples, regulares, e geométricos e que mais se aproximam da forma real para efetuar os cálculos, são eles: Modelo Esférico, Modelo Geoidal, Modelo Elipsoidal e Modelo Plano (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007).

2.2 MODELO ESFÉRICO

“Este é um modelo bastante simples, onde a Terra é representada como se fosse uma esfera o produto desta representação, é o mais distante da realidade, ou seja, o terreno representado segundo este modelo, apresenta-se bastante deformado no que diz respeito à forma das suas feições e à posição relativa das mesmas” (VERAS JUNIOR, 2003).

Em diversas aplicações a Terra pode ser considerada uma esfera, como no caso da Astronomia. Um ponto pode ser localizado sobre esta esfera através de sua latitude e longitude. Tratando-se de Astronomia, estas coordenadas são denominadas de latitude e longitude astronômicas. A Figura 1 ilustra estas coordenadas.

**Figura 1 - Terra esférica –
coordenadas astronômicas**



Fonte: VEIGA, ZANETTI & FAGGION (2007).

- Latitude Astronômica (Φ): é o arco de meridiano contado desde o equador até o ponto considerado, sendo, por convenção, positiva no hemisfério Norte e negativa no hemisfério Sul.

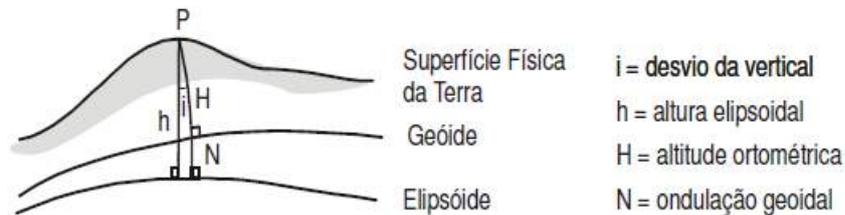
- Longitude Astronômica (Λ): é o arco de equador contado desde o meridiano de origem (Greenwich) até o meridiano do ponto considerado. Por convenção a longitude varia de 0° a $+180^\circ$ no sentido leste de Greenwich e de 0° a -180° por oeste de Greenwich (VEIGA, ZANETTI & FAGGION, 2007).

2.3 MODELO GEOIDAL

Segundo Brandalize (2003) esse modelo permite que a superfície terrestre seja representada por uma superfície fictícia definida pelo prolongamento do nível médio dos mares (NMM) por sobre os continentes. Este modelo, evidentemente, irá apresentar a superfície do terreno deformada em relação à sua forma e posição reais conforme a Figura 2.

Esse modelo é determinado, matematicamente, através de medidas gravimétricas (força da gravidade) realizadas sobre a superfície terrestre. Os levantamentos gravimétricos, por sua vez, são específicos da Geodésia e, portanto, não serão abordados nesse trabalho.

Figura 2 - Relação entre as superfícies física, geoidal e elipsoidal



Fonte: CERQUEIRA (2006)

2.4 MODELO ELIPSOIDAL

O modelo Elipsoidal dentre os modelos apresentados se torna mais usual. Com parâmetros matemáticos perfeitamente definidos, onde a Terra ela é representada por uma superfície que é gerada a partir de um elipsoide de revolução (VERAS JÚNIOR, 2003).

No Quadro 2 há alguns elipsoides e seus parâmetros.

“[...] Tendo definido a melhor forma para a Terra, a busca incessante dos cientistas foi pela definição do melhor elipsoide que a representasse. Com o passar dos anos, vários elipsoides de referências foram adotados, sendo substituídos por outros que proporcionassem parâmetros mais precisos (Quadro 2). O elipsoide de *Hayford* foi recomendado pela Assembleia Geral da União Internacional de Geodésia e Geofísica (UIGG), em Madrid, em 1924. Em 1967, a UIGG, em Lucena, o sistema 1924/1930 foi substituído pelo Sistema Geodésico de Referência 1967, atualmente utilizado no Brasil. Em 1979, em Camberra, a UIGG reconheceu que o sistema geodésico de referência 1967 não representava a medida, a forma e o campo de gravidade da Terra com a precisão adequada. Esse sistema foi, então, substituído pelo sistema geodésico de referência (1980). Esse último sistema constitui a base do *World Geodetic System* (WGS-84), o sistema de referência utilizado pelo *Global Position System*: Sistema de Posicionamento Global (GPS). [...]” (TULER, SARAIVA, 2014, p.16).

Tabela 1 - Alguns elipsoides e seus parâmetros

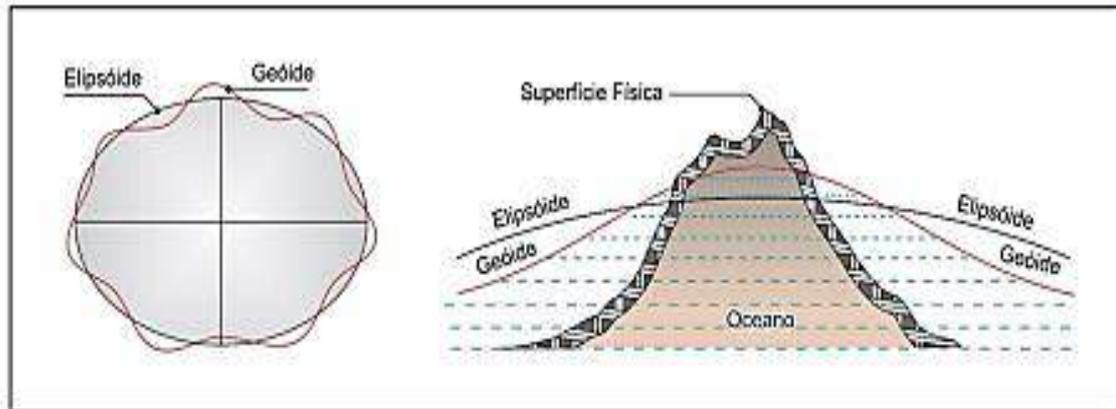
Nome	Datum	Semieixo maior	Semieixo menor	Achatamento (f)
		(a)	(b)	
Hayford	Córrego Alegre	6.378.388,000		1/297
SGR-67	SAD-69	6.378.160,000	$b = a - f \cdot a$	1/298,25
SGR-80	WGS-84	6.378.137,000		1/298,257223563

Fonte: TULER, SARAIVA (2014).

Segundo Brandalize (2003), “No Brasil, as cartas produzidas no período de 1924 até meados da década de 80 utilizaram como referência os parâmetros de *Hayford*. A partir desta época, as cartas produzidas passaram a adotar como referência os parâmetros definidos pelo

Geodetic Reference System - GRS 67, mais conhecido como Internacional 67. A Figura 3 mostra a relação existente entre a superfície topográfica ou real, o elipsóide e o geóide para uma mesma porção da superfície terrestre.

Figura 3 - Relação entre Geóide e Elipsóide



Fonte: SEEBER (2003, p.26).

Em 2005, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estabeleceu o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano 2000, como o novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN), estabelecendo um período de dez anos de transição entre os sistemas anteriores. Dessa forma, por exemplo, os serviços de Cadastro de Imóveis Rurais, impostos pelo Incra (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) devem estar referenciados integralmente a esse sistema a partir de 2015 (TULER, SARAIVA, 2014).

Hodiernamente, não somente o INCRA, mas todos os levantamentos atuais feitos no Brasil são feitos dentro do SIRGAS 2000.

2.5 MODELO PLANO

“Considera a porção da Terra em estudo como sendo plana. É a simplificação utilizada pela Topografia. Face aos erros decorrentes destas simplificações, este plano tem suas dimensões limitadas. Tem-se adotado como limite para este plano na prática a dimensão de 20 a 30 km” (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007).

“O limite geométrico da porção que delimita a Topografia com a Geodésia varia de autor para autor.” (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

Conforme citado na NBR 13133 (ABNT 2021), “As características do sistema de projeção utilizado em Topografia são:”

a) As projetantes são ortogonais à superfície de projeção, significando que se encontra no centro de projeção localizado no infinito.

b) A superfície de projeção é um plano normal a vertical do lugar no ponto da superfície terrestre considerado como origem do levantamento, sendo seu referencial altimétrico o referido datum vertical brasileiro.

c) As deformações máximas aproximadas inerentes à desconsideração da curvatura terrestre e à refração atmosférica são:

$$Dl \text{ (mm)} = - 0,001 \text{ l}^3 \text{ (km)}$$

$$Dh \text{ (mm)} = + 78,1 \text{ l}^2 \text{ (km)}$$

$$Dh' \text{ (mm)} = + 67 \text{ l}^2 \text{ (km)}$$

Onde:

Dl = deformação planimétrica devida à curvatura da Terra, em mm.

Dh = deformação altimétrica devida à curvatura da Terra, em mm.

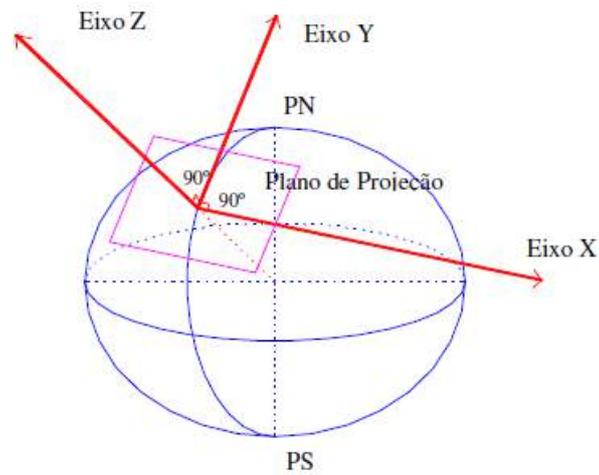
Dh' = deformação altimétrica devida ao efeito conjunto da curvatura da Terra e da refração atmosférica, em mm.

l = distância considerada no terreno, em km.

d) O plano de projeção tem a sua dimensão máxima limitada a 80 km, a partir da origem, de maneira que o erro relativo, decorrente da desconsideração da curvatura terrestre, não ultrapasse 1:35000 nesta dimensão e 1:15000 nas imediações da extremidade desta dimensão.

e) A localização planimétrica dos pontos, medidos no terreno e projetados no plano de projeção, se dá por intermédio de um sistema de coordenadas cartesianas, cuja origem coincide com a do levantamento topográfico;

f) O eixo das ordenadas é a referência azimutal, que, dependendo das particularidades do levantamento, pode estar orientado para o norte geográfico, para o norte magnético ou para uma direção notável do terreno, julgada como importante conforme na Figura 4 (NBR 13133, ABNT 2021).

Figura 4 - Plano em topografia

Fonte: UFVJM (2021).

Esse sistema pode ser caracterizado da seguinte forma:

- **Eixo Z:** materializado pela vertical do lugar (linha materializada pelo fio de prumo);
- **Eixo Y:** definido pela meridiana (linha norte-sul magnética ou verdadeira);
- **Eixo X:** sistema dextrógiro (formando 90° na direção leste).

3 TOPOGRAFIA

3.1 HISTÓRICO

“A Topografia é muitas vezes confundida com a Geodésia, pois se utiliza dos mesmos equipamentos e praticamente dos mesmos métodos para o mapeamento de superfícies terrestres. Porém, enquanto a Topografia tem por finalidade mapear uma pequena porção daquela superfície, a Geodésia tem por finalidade mapear grandes porções desta mesma superfície, levando em consideração a curvatura da Terra e suas deformações, devido à esfericidade que a mesma apresenta” (BRANDALIZE, 2003).

A Topografia convém dentro de qualquer operação da engenharia, pois, de qualquer forma, é básica para a locação de uma obra, como: construção de uma estrada, uma ponte, uma barragem, um túnel, uma linha de transmissão de força, uma grande indústria, uma edificação, ou ainda, na perfuração de minas, dentre várias outras utilidades essenciais (BORGES, 2013).

“No período da idade antiga, os Romanos ergueram benfeitorias, que se caracterizaram pelo magnífico uso da técnica de Topografia, em suas grandes obras civis, muitas ainda existem, como o aqueduto de Segóvia” conforme Figura 5 (TULER, SARAIVA, 2014).

Figura 5 - Aqueduto de Segóvia

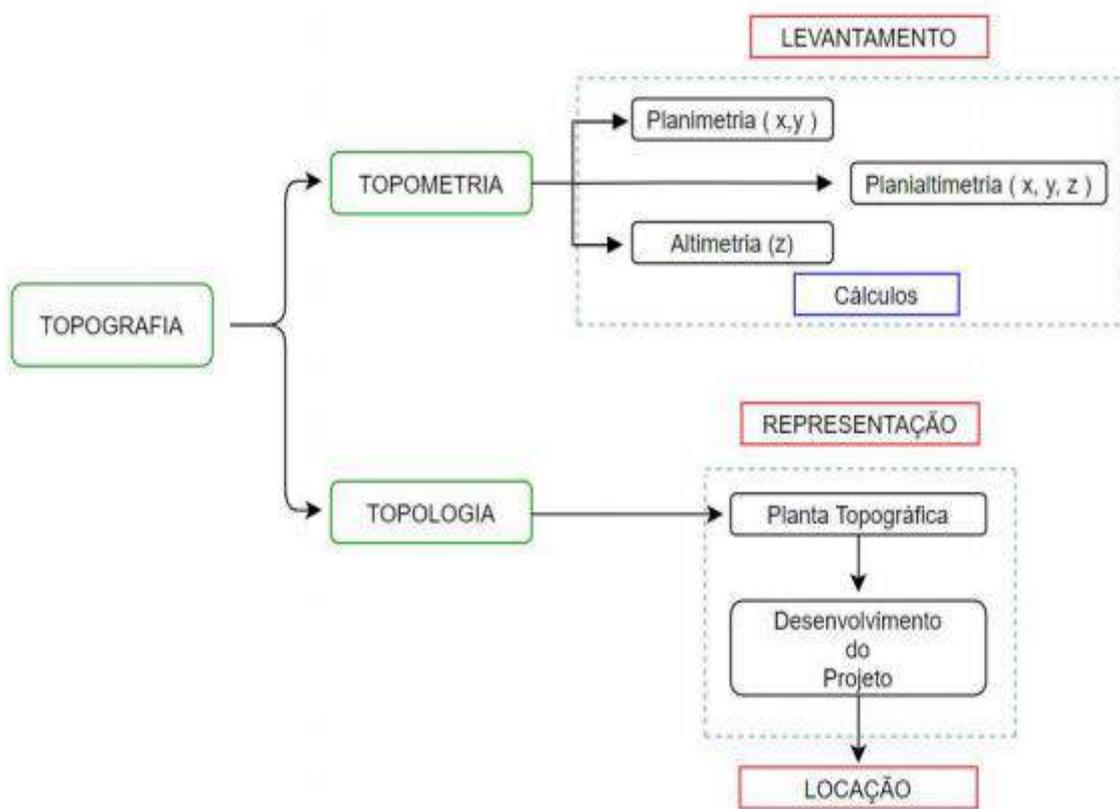


Fonte: WIKIPEDIA (2021).

A Topografia é dividida entre: Taqueometria, Fotogrametria, Topologia e Topometria conforme a Figura 6, onde a Taqueometria é a parte que se ocupa das medições rápidas indiretas. A fotogrametria é a parte que se ocupa com levantamentos fotográficos podem ser aéreos ou terrestres. A Topologia é o estudo das formas e leis que regem a formação e o modelado do terreno, ou seja, as formas anatômicas ou exteriores da Terra. A aplicação da Topologia é dirigida para a representação do relevo em planta, através da técnica dos pontos cotados e das curvas de nível (DAIBERT, 2013).

Já a Topometria é dividida entre: planimétrica, altimétrica e planialtimétrica; A Planimetria: é a representação em projeção horizontal dos detalhes existentes na superfície; A Altimetria ou Nivelamento define as cotas ou distâncias verticais de um certo número de pontos referenciado ao plano horizontal da projeção; admite fixar, por meio de cotas ou quaisquer sinais convencionais, o relevo do terreno, isto é, a expressão exata de sua forma; E a Planialtimetria: determina a posição de pontos considerando os planos horizontal e vertical, ou seja, é a representação de pontos em 3 dimensões (X, Y e Z). Topometria: parte matemática. Topologia: parte interpretativa (ESPARTEL, 1987).

Figura 6 - Divisão e subdivisões da Topografia



Fonte: TOPOGRAFIAPOLI (2021).

Apesar de haver algumas tendências de utilização do sistema métrico decimal convencional, algumas unidades mais antigas ainda são utilizadas na Topografia nos dias de hoje como pode-se analisar melhor no Quadro 2.

Quadro 2 – Unidades de medidas na topografia

• 1 polegada inglesa = 25,4mm	• 1 pé = 30,479cm
• 1 jarda = 3 pés = 0,91438	• 1 milha Terrestre = 1.609,34m
• 1 palmo = 8 polegadas = 0,22m	• 1 milha náutica ou marítima = 1.852,35m
• 1 vara = 5 palmos = 1,10m	• 1 milha (bras.) = 2.200m
• 1 braça = 2 varas = 2,20m	• 1 corda = 15 braças = 33m
• 1 légua de sesmaria = 6.600m	• 1 légua geométrica = 6.000m
• 1 corrente = 22 jardas = 20,117m	

Fonte: TULER, SARAIVA (2014).

3.2 ALTIMETRIA

O estudo da altimetria está relacionado ao nivelamento topográfico de um terreno, que tem como propósito distribuir cotas a cada ponto da área analisada, apontando as diferenças de nível que definem um relevo.

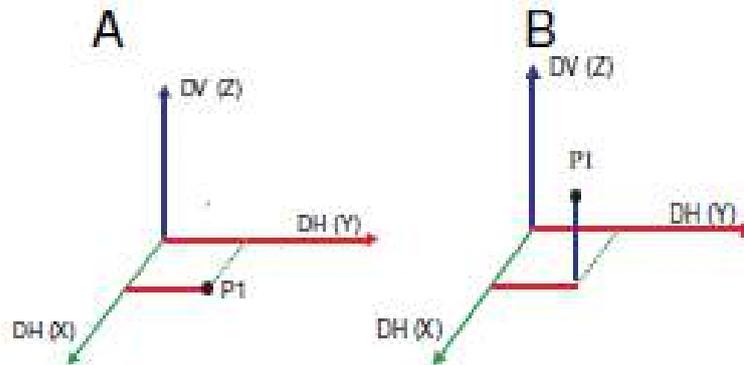
Assim conforme Coelho Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), a altimetria é um ramo da Topografia que estuda, de um modo geral, as distâncias verticais, entre elas, diferença de nível, cotas e altitudes, formadoras do relevo de um determinado local. Pode-se dizer que o produto final do levantamento topográfico altimétrico é uma planta/carta/mapa tridimensional, pois se considerou o relevo, enquanto na Planimetria o produto final é uma representação bidimensional.

Boa parte dos problemas identificados em obras podem estar relacionados à baixa qualidade dos nivelamentos topográficos.

Por meio da altimetria que se demonstra uma parte de terreno, como se este fosse cortado por um plano vertical, onde os pontos do terreno seriam marcados a partir de um plano horizontal, denominado plano de referência, podendo este ser tangente ao geoide (aproximação do nível médio dos mares) o que dá as altitudes (cotas verdadeiras), ou um plano arbitrário qualquer, que dá as cotas (GOUVEIA, 2020)

Segundo Coelho Júnior, Rolim Neto & Andrade (2014), A Figura 7 A, demonstra a representação planimétrica de um ponto P1 com coordenadas cartesianas (x, y), enquanto na Figura 7 B esse mesmo ponto está representado planialtimetricamente (x, y, z).

Figura 7 - Representação planimétrica e planialtimétrica



Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014, p.97).

É conhecida como nivelamento a determinação de altitudes e cotas do terreno, é uma prática simples, mas extremamente relevante. Não tem como se imaginar um projeto de construção onde não se tem estabelecido as cotas ou o nivelamento para a construção de prédios, pontes entre outros (MCCORMAC, 2007).

“Existem diferentes métodos que permitem determinar os desníveis, com precisões que variam de alguns centímetros até sub-milímetro. A aplicação de cada um deles dependerá da finalidade do trabalho” (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007).

Utiliza-se uma série de equipamentos de campo para determinar a diferença de nível (DN), como: nível de mangueira, nível de forquilha, teodolitos, estações totais e níveis ópticos de precisão. Seja qual for, a medida realizada deve ser referenciada a uma superfície de comparação, no caso, denominada referência de nível (RN). Esta referência pode ser a cota de uma superfície qualquer ou o nível médio do mar. Quando a diferença de nível é referida a uma superfície qualquer, recebe o nome de cota. Na ocasião em que a superfície média do mar é a referência, a diferença de nível recebe o nome de altitude. Quando a referência de nível é uma superfície qualquer, diz-se que o nível é aparente. O nível é dito verdadeiro no qual o nível médio do mar é a referência (altitude) (ANTONIO DA SILVA, 2013).

“Os métodos de nivelamento podem ser: barométrico, por satélites, trigonométrico e geométrico” (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

Presentemente, com o avanço da tecnologia, a performance da topografia, vem assumindo novas definições. Com o aparecimento das coordenadas baseadas nas informações dos satélites e o uso cada vez mais de recursos como GPS (GNSS - RTK), a topografia passou a constituir na grande área da geomática que trabalha com dados baseados na emissão dos sinais de satélites (DAIBERT, 2013).

3.2.1 Principais métodos de nivelamentos topográficos

Os métodos de nivelamento podem ser: barométrico, por satélites, trigonométrico e geométrico. Segundo Coelho Júnior, Rolim Neto, e Andrade, (2014) o nivelamento topográfico é uma operação utilizada para a obtenção de diferenças de nível no terreno a fim de possibilitar a determinação ou cálculo de altitudes e cotas do terreno. Para tal, são usados diversos instrumentos e metodologias realizadas em campo, objetivando-se a representação gráfica do relevo de um determinado local.

Os instrumentos utilizados no nivelamento topográfico e suas exatidões estão relacionados conforme Quadro 3:

Quadro 3 - Instrumentos utilizados no nivelamento topográfico

Instrumento	Exatidão
Nível de luneta	Alta
Teodolito	Média
Nível de mangueira	Média
Jogo de réguas	Média
Estação Total	Média/alta*
GNSS	Média/alta*
Barômetro	baixa

*Depende do método e modelos utilizados

Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014, P.103).

3.2.1.1 Barométrico

Nivelamento realizado através de barômetros, este instrumento foi inventado em 1643 pelo físico e matemático italiano Torricelli. Existem dois tipos de barômetro: de coluna de mercúrio e aneróide (metálico), conforme Figura 8 e Figura 9 (JORDAN, 1978).

Figura 8 - Barômetro Aneróide



Fonte: SALCAS (2021)

Figura 9 - Barômetro Mercúrio



Fonte: SALCAS (2021)

No nivelamento barométrico a diferença de nível é determinada em função da variação da pressão atmosférica existente, entre pontos de diferentes altitudes da superfície da terra. É menos preciso que o nivelamento geométrico. A precisão é baixa devido a muitos fatores de variação.

Na prática, a pressão atmosférica varia de acordo com diversos fatores como por exemplo, posição, temperatura, altitude, umidade. Realizar um levantamento barométrico depende, portanto, de conhecer as condições do ambiente em que se encontra o terreno estudado. Tendo todas as informações, é possível medir a pressão sobre cada ponto utilizando barômetros e altímetros e obter resultados por meio de cálculos matemáticos (DAIBERT, 2013).

3.2.1.2 Satélites

A geomática por sua parte é uma ciência que se ocupa com dados baseados na emissão de sinais dos satélites artificiais. O GPS e o GLONASS são sistemas desenvolvidos no início para uso exclusivo em aplicações militares, porém com o tempo foi liberada para dispositivos civis. O Glonass é um sistema russo, na época da guerra, era estratégico para os soviéticos contarem com um sistema próprio, mas hoje, é preferível ter mais de um sistema disponível para uso de todos na possibilidade remota do GPS deixar de funcionar.

Tanto que dispositivos móveis hoje são compatíveis com ambos sistemas, além de outros. O GPS por sua vez é um sistema cujos trabalhos foram iniciados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em 1973 hoje utiliza 31 satélites, com os quais a plataforma fornece serviços de posicionamento, horário e navegação (TULER, SARAIVA, 2014).

O nivelamento por GNSS - RTK tem com referência uma Figura matemática que representa o globo terrestre (elipsoide de revolução), podendo então obter coordenadas geodésicas, ou seja, latitude, longitude e altitude geométrica (h) em cada ponto (MONICO, 2008).

O GPS foi o primeiro a oferecer o serviço de posicionamento global, possui literatura consolidada e concepção confiável. Por estes motivos costuma servir de referência até mesmo para conceituar o sistema GNSS conforme a figura 10 (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Figura 10 - Constelação GPS



Fonte: UEFS.BR, (2021).

Os satélites GPS, através de ondas eletromagnéticas, enviam sinais para os receptores existentes na Terra, sinais esses que demoram um determinado intervalo de tempo a percorrer a distância satélite-receptor. É baseado, portanto, no princípio de medições de distâncias (pseudodistâncias) entre o receptor e, pelo menos, quatro satélites. As coordenadas tridimensionais

de um ponto são determinadas através das medições das distâncias em posições diferentes, em um determinado tempo (GEMAEL, MACHADO, & WANDRESEN, 2016).

Com o uso desta tecnologia possível captar precisões centimétrica e até milimétricas. Normalmente se considera que a precisão altimétrica é da ordem de 1,5 a 2,0 vezes a precisão planimétrica. O GPS proporciona a medição de coordenadas tridimensionais (X, Y, Z) de um ponto e o cálculo das coordenadas geodésicas – latitude (ϕ) e longitude (λ) e altitude geométrica (h). Desde que a colocação do GNSS seja feita através do método relativo estático, pelo menos, 30 min de ocupação em cada ponto onde se deseja conhecer, a altitude geométrica (h) pode ser relacionada com a ortométrica (H) a partir do conhecimento da ondulação geoidal (N).

A vida útil de cada satélite é de 10 anos, o programa americano prevê a constante substituição dos mesmos (TULER, SARAIVA, 2014).

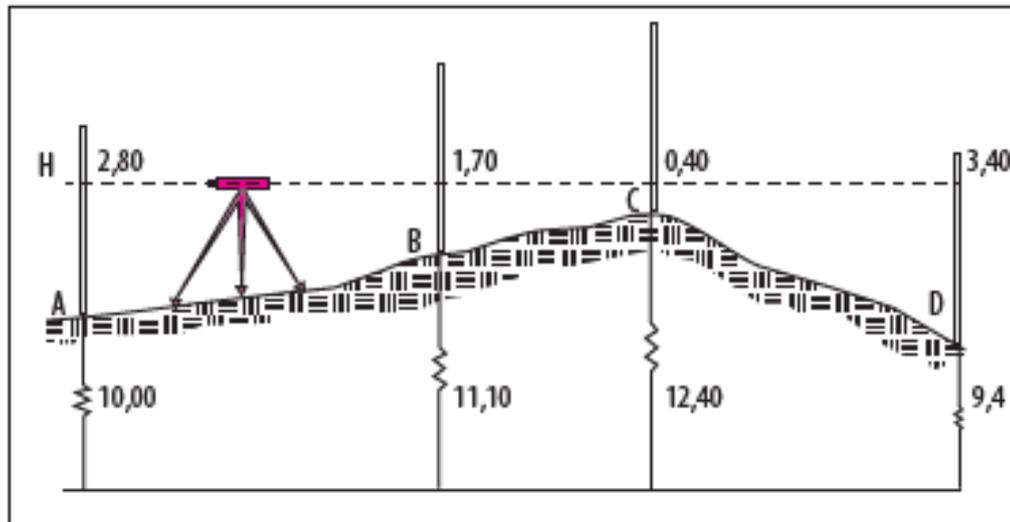
3.2.1.3 Geométrico

Conforme a NBR 13133 (ABNT 2021) o Nivelamento Geométrico “realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos”.

O nivelamento geométrico é o mais preciso para obtenção das diferenças de nível, altitudes e cotas. Na sua realização é usado o instrumento chamado nível de luneta e seu princípio baseia – se em visadas horizontais sucessivas nas miras verticalizadas, objetivando-se a obtenção de distancias verticais, O nivelamento geométrico baseia-se em visadas horizontais sucessivas, para a obtenção de leituras do fio médio (FM) em miras-falantes, objetivando-se a obtenção de diferenças de nível (DN), cotas e altitudes entre pontos na superfície de um determinado local conforme a Figura 11 e Figura 12.

É considerado o nivelamento mais simples de ser realizado e mais preciso. (Júnior, Neto, & Andrade, 2014).

Figura 11 - Nivelamento Geométrico Simples



Fonte: TULER, SARAIVA, (2014)

Figura 12 - Cálculo de diferença de nível da Figura 11

$$DN_{A-B} = 2,80 - 1,70 = + 1,10 \text{ m}$$

$$DN_{A-C} = 2,80 - 0,40 = + 2,40 \text{ m}$$

$$DN_{A-D} = 2,80 - 3,40 = - 0,60 \text{ m.}$$

Fonte: TULER, SARAIVA, (2014)

Imaginando que a 10,00 metros abaixo do ponto A passe a superfície de nível de comparação (SNC), as alturas relativas ou cotas dos pontos são conforme a Figura 13:

Figura 13 - Cálculo das cotas da Figura 12

$$\text{Cota (A)} = 10,00 \text{ metros}$$

$$\text{Cota (B)} = \text{Cota (A)} + DN_{A-B} = 10,00 + 1,10 = 11,10 \text{ m}$$

$$\text{Cota (C)} = \text{Cota (A)} + DN_{A-C} = 10,00 + 2,40 = 12,40 \text{ m}$$

$$\text{Cota (D)} = \text{Cota (A)} + (- DN_{A-D}) = 10,00 - 0,60 = 9,40 \text{ m.}$$

Fonte: TULER, SARAIVA, (2014)

3.2.1.3.1 Instrumentos e acessórios

O nivelamento geométrico é comumente realizado com nível de luneta pois sua luneta é fixa num ângulo vertical zenital de 90º e possui compensadores em seu interior que facilitam a sua calagem ou nivelamento. São usados como acessórios tripé e mira falante.

Segundo Veiga, Zanetti, & Faggion (2007), os níveis são equipamentos que permitem definir com precisão um plano horizontal ortogonal à vertical definida pelo eixo principal do equipamento. As principais partes de um nível são:

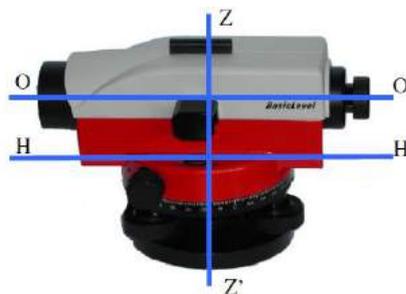
- Luneta;
- Nível de bolha;
- Sistemas de compensação (para equipamentos automáticos);
- Dispositivos de calagem.

Quanto ao funcionamento, os equipamentos podem ser classificados em ópticos e digitais, sendo que para este último a leitura na mira é efetuada automaticamente empregando miras em código de barra. Os níveis ópticos podem ser classificados em mecânicos e automáticos. No primeiro caso, o nivelamento "fino ou calagem" do equipamento é realizado com o auxílio de níveis de bolha bipartida. Nos modelos automáticos a linha de visada é nivelada automaticamente, dentro de um certo limite, utilizando-se um sistema compensador (pendular). Os níveis digitais podem ser enquadrados nesta última categoria (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007. p.196).

São três os eixos principais de um nível, a Figura 14 representa estes eixos.

- ZZ' = eixo principal ou de rotação do nível
- OO' = eixo óptico/ linha de visada/ eixo de colimação
- HH' = eixo do nível tubular ou tangente central

Figura 14 - Nivelamento Geométrico Simples



Fonte: VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, (2007, p.197).

Segundo a NBR 13133 (ABNT 2021) classifica os níveis segundo o desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos níveis

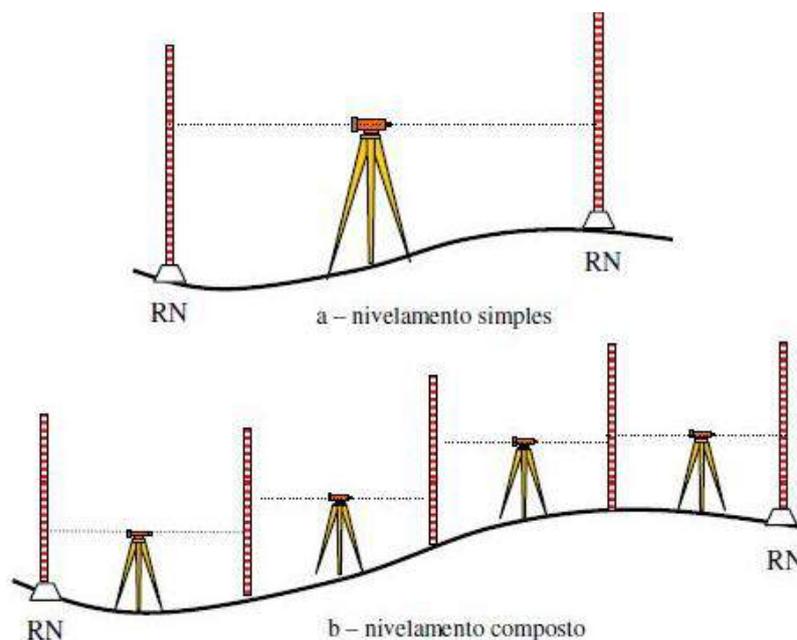
Classes de níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10$ mm/km
2 - precisão média	$\leq \pm 10$ mm/km
3 - precisão alta	$\leq \pm 3$ mm/km
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1$ mm/km

Fonte: NBR 13133 (ABNT 2021, p.6).

3.2.1.3.2 Tipos de nivelamento geométrico

O nivelamento geométrico pode ser simples ou composto. No primeiro caso o desnível entre os pontos de observação é determinado com apenas uma única instalação do equipamento, ou seja, um único lance (Figura 15 - a). No nivelamento geométrico composto, o desnível entre os pontos será definido a partir de vários lances, sendo o desnível final determinado pela soma dos desníveis de cada lance (Figura 15 - b), “Por convenção, nos trabalhos de Topografia, estação é todo ponto onde o instrumento é instalado. Visada à Ré ou de Ré é a primeira visada ou leitura que é feita após a instalação do instrumento. Visada à vante ou leitura de vante é toda leitura ou visada realizada após a de Ré. Isto se aplica não só nos nivelamentos, mas em todo trabalho de Topografia” (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

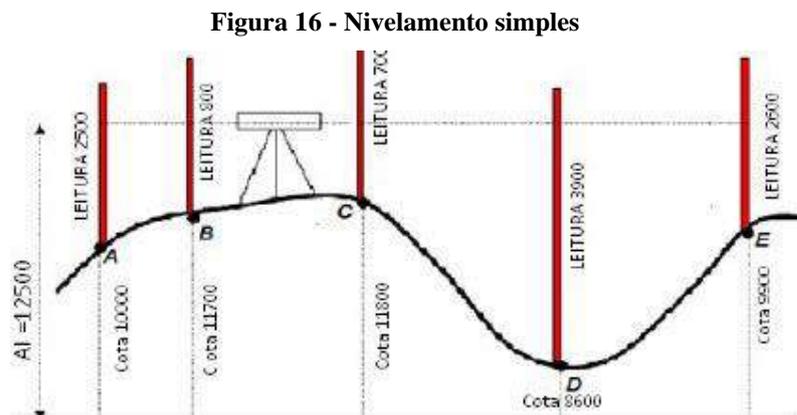
Figura 15 - Nivelamento simples e composto



Fonte: VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, (2007).

“Quando num nivelamento geométrico simples não for possível visualizarem-se pontos necessários à continuação do trabalho, devido a obstáculos no percurso, relevos íngremes, distâncias grandes (acima de 80 m entre o instrumento e o ponto), etc., utilizar-se-á o nivelamento geométrico composto, pois o instrumento será instalado mais de uma vez surgindo duas ou mais estações. Pode-se dizer que o nivelamento geométrico composto é uma sucessão de nivelamentos geométricos simples, devidamente amarrados a pontos topográficos em comum (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

- Simples – Neste método, indicado pela Figura 16, instala-se o nível uma única vez em ponto estratégico, situado ou não sobre a linha a nivelar e equidistante aos pontos de nivelamento.



Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, (2014)

Deve-se tomar cuidado para que o desnível entre os pontos não exceda o comprimento da régua (4m).

Após proceder a leitura dos fios estadimétricos (FS, FM e FI) nos pontos de ré e vante, o desnível pode ser determinado pela relação:

$$DN = FM_{re} - FM_{vante} \quad (01)$$

Se DN+ então o terreno está em aclave (de ré para vante).

Se DN- então o terreno está em declive (de ré para vante).

Este tipo de nivelamento pode ser longitudinal, transversal ou radiante e é aplicado a terrenos relativamente planos.

A Tabela 3 como exemplo demonstra como se insere os valores do nivelamento geométrico simples da Figura 17 com várias Vantes, em caderneta de campo.

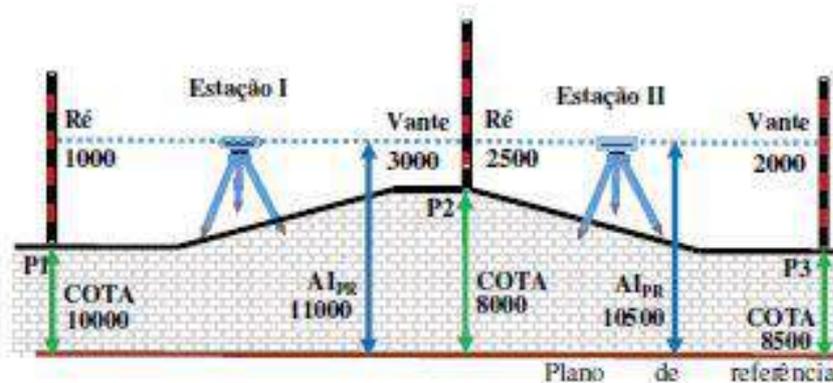
Tabela 3 - Modelo de caderneta de campo

Estação	Pontos visados	Leitura		AI	Cota
		Ré	Vante		
I	A	2500		12500	10000
	B		800		11700
	C		700		11800
	D		3900		8600
	E		2600		9900

Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014)

- Composto - Conforme Veras Junior, (2003), o nivelamento geométrico composto caracteriza-se por apresentar duas ou mais estações. A Figura 17 demonstra um exemplo de nivelamento geométrico composto.

Figura 17 - Nivelamento Composto



Fonte: VERAS JÚNIOR (2003).

A Tabela 4 demonstra como se deve inserir os valores do nivelamento geométrico composto com exemplo da Figura 17, em caderneta de campo. O ponto que é comum às duas estações, que no caso da é o ponto P2, é chamado de ponto de mudança pois é ele a ligação entre elas.

Tabela 4 - Modelo de caderneta de campo

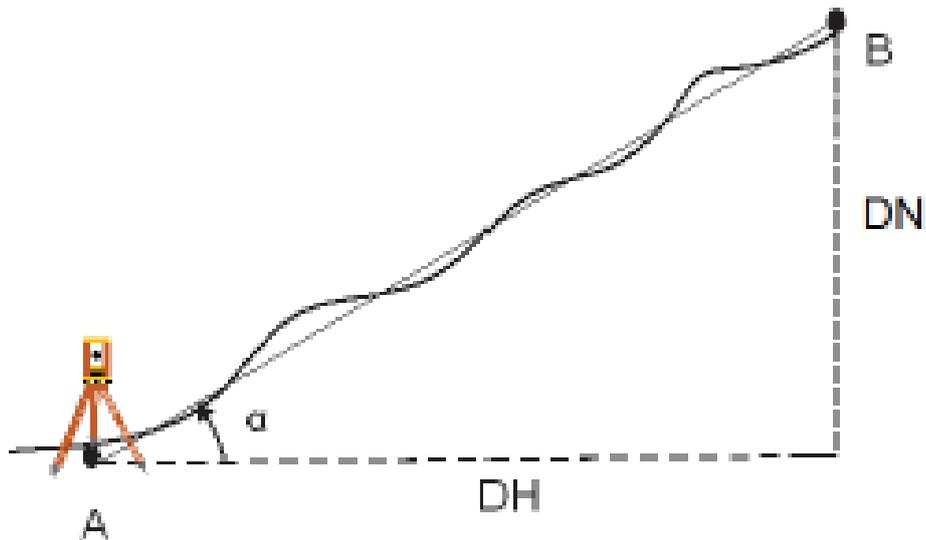
Estação	Pontos visados	Leituras		AI _{PR}	Cota/Altitude
		Ré	Vante		
I	P1	1000		11000	10000
	P2		3000		8000
II	P2	2500		10500	8000
	P3		2000		8500

Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014).

3.2.1.4 Trigonométrico

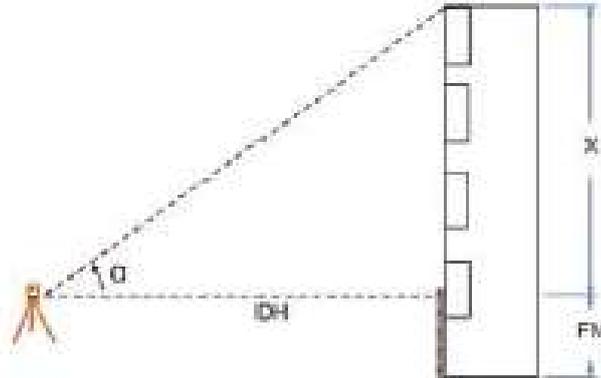
Segundo Coelho Júnior, Rolim Neto, & Andrade (2014), O nivelamento trigonométrico resulta da obtenção das distâncias verticais através da trigonometria. Esse nivelamento é obtido por instrumentos como teodolitos e estações totais. Quando os dois pontos tiverem DH (distância horizontal) diferente de zero, utiliza-se a fórmula trigonométrica apropriada, conforme esquema da Figura 18 e quando os dois pontos tiverem DH igual a zero, utiliza-se a fórmula B, esquematizada na Figura 19. Os instrumentos utilizados são o teodolito e o clinômetro.

Figura 18 - Obtenção da DN em dois pontos com DH diferente de “0”



Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, (2014).

Figura 19 - Obtenção da DN em dois pontos com DH igual de "0"

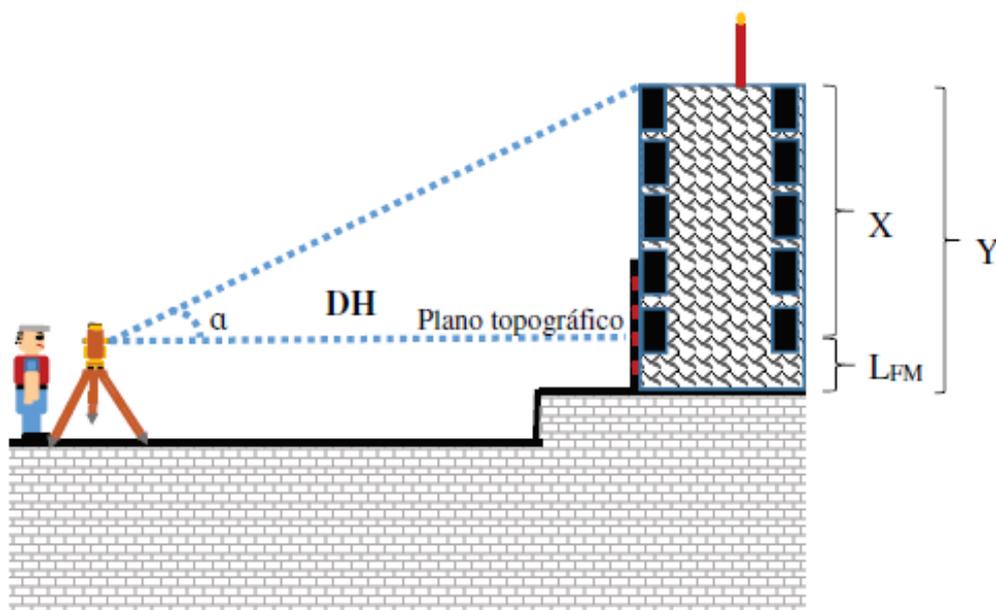


Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, (2014).

3.2.1.4.1 Diferença de nível por dois pontos de DH diferentes

A Figura 20 mostra um esquema teórico de se encontrar a diferença de nível. A fórmula do princípio da trigonometria é: $DN = DH \cdot \text{tg } \alpha$. Como dito anteriormente, não é possível se medir a DH em um aclave/declive sem o uso de um instrumento que permita a medição de ângulos verticais. Para a medição de DH é necessário, por exemplo, a instalação de um teodolito no ponto A, e da mira-falante no ponto B. Ao se colocar o teodolito no ponto A, para se calcular a DN, deve-se acrescentar à fórmula a altura do instrumento até a superfície do ponto (AIS) e ao se colocar a mira falante, deve-se subtrair o FM da fórmula.

Figura 20 - Obtenção da DN igual a zero através de nivelamento trigonométrico



Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014).

$$DN = AIS + X \quad (02)$$

$$tg_{\alpha} = \frac{(L_{FM} + X)}{DH} \quad (03)$$

$$X = DN - AIS \quad (04)$$

$$tg_{\alpha} \cdot DH = L_{FM} + X \quad (05)$$

$$X = (tg_{\alpha} \cdot DH) - L_{FM} \quad (06)$$

$$(tg_{\alpha} \cdot DH) - L_{FM} = DN - AIS \quad (07)$$

$$DN = (tg_{\alpha} \cdot DH) - L_{FM} + AIS \quad (08)$$

Onde:

- DN:** Diferenças de nível
tg: Tangente
LFM: Leitura do fio médio
DH Distancia Horizontal
 α : Ângulo ALFA
AIS: Altura do instrumento à superfície

3.2.1.4.2 Instrumentos e acessórios

Um dos equipamentos utilizado no nivelamento trigonométrico é o teodolito. Atualmente existem diversas marcas e modelos de teodolitos, os quais podem ser classificados em:

- Pela finalidade: topográficos, geodésicos e astronômicos;
- Quanto à forma: ópticos, mecânicos ou eletrônicos;
- Quanto a precisão a NBR 13133 (ABNT 2021) classifica os teodolitos segundo o desvio padrão de uma direção observada em duas posições da luneta (ver DIN 18723), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação de teodolitos

Classes de teodolitos	Desvio-padrão precisão angular
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$

Fonte: NBR 13333, (ABNT 2021, p.6).

Atualmente quanto ao uso do teodolito, hoje praticamente não é mais, devido as suas configurações serem um pouco antiga tornando-se em um aparelho ultrapassado para obtenção de dados atualmente.

O outro equipamento utilizado no levantamento trigonométrico é a Estação Total que é um instrumento eletrônico utilizado na obtenção de ângulos, distâncias e coordenadas usados para representar graficamente uma área do terreno, sem a necessidade de anotações, pois todos os dados são gravados no seu interior e descarregados para um PC, através de um software, podendo ser trabalhados com auxílio de outros softwares.

Esse instrumento pode ser considerado como a evolução do teodolito, onde adicionou-se um distanciômetro eletrônico, uma memória temporária (processador), uma memória fixa (disco rígido) e uma conexão com um PC, montados num só bloco.

4 INSTRUMENTOS E ACESSÓRIOS

4.1 TEODOLITOS

Conforme Coelho Júnior (2013), os teodolitos são equipamentos destinados à medição de ângulos verticais e horizontais e juntamente com o auxílio da mira-falante, para medição de distâncias horizontais e verticais.

Atualmente existem diversas marcas e modelos de teodolitos, os quais podem ser classificados como:

- Pela finalidade:
Topográficos, geodésicos e astronômicos;
- Quanto à forma:
Mecânicos – Óticos (Figura 21 a);
Automáticos – Óticos ou Digitais (Figura 21 b).

Figura 21 - Modelos diferentes de Teodolitos



Fonte: COELHO JÚNIOR, (2013).

4.2 TRENAS

É um instrumento muito usual utilizado para medir distâncias horizontais (mais comum) e diferenças de nível. Se utilizarmos ela de forma adequada pode obter boas respostas quanto à precisão, por isso sempre quando for realizar uma medição, faça com auxílio de uma outra pessoa. Um dos modelos pode-se conferir de acordo com a Figura 22.

Figura 22 -Trena de fibra de vidro



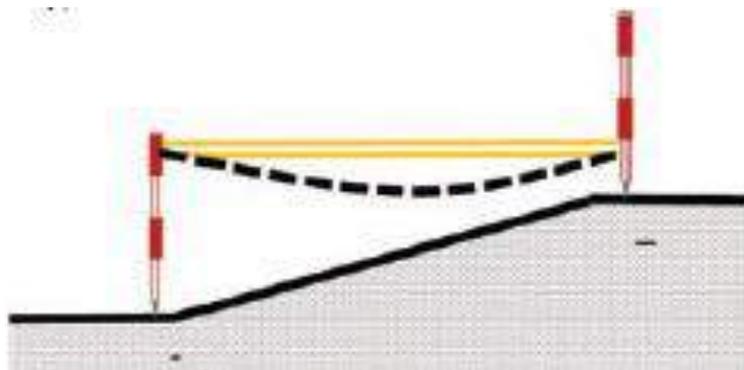
Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

4.2.1 Principais fontes de erro na medição com trenas:

O erro de catenária é bem simples simplesmente é ocasionado pelo peso da trena como verifica-se na Figura 23.

Em virtude do peso do material da trena, a mesma tende a formar uma curva com concavidade voltada para baixo. Mede-se nesse caso, um arco em vez de uma corda. Para evitá-lo, deve-se aplicar maiores tensões nas extremidades da trena.

Figura 23 - Erro de Catenária

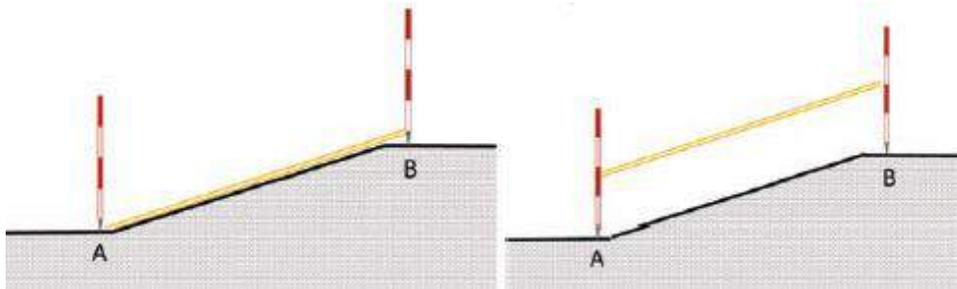


Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014).

Outro erro que ocorre é a falta de horizontalidade da trena com visto na Figura 24. Em áreas que não sejam planas, a tendência do topógrafo ou auxiliar é segurar a trena mais próxima do chão.

Esse erro ocorre com bastante frequência. Nesse caso as distâncias ficam maiores do que o valor real. Para minimizar o erro, utilizam-se balizas para ajudar na horizontalidade da trena, outro erro comum é a dilatação do material das trenas ocasionado por tensões excessivas no material. Para minimizar isso devem-se escolher trenas de boa qualidade (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

Figura 24 - Falta de horizontalidade da trena



Fonte: COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE (2014).

4.3 BALIZA

É um acessório utilizado para visualização dos pontos. Serve para auxiliar a medição de ângulos horizontais e é utilizada também para auxílio no alinhamento de uma poligonal e medição através de trenas, e também, juntamente com a trena, serve para medir ângulos de 90° (VERAS JÚNIOR, 2003).

A baliza ela possui uma coloração vermelha e branca para contrastar com a vegetação e o céu aberto. Ela é dividida em 4 segmentos de 0,5 m, possuindo ao total 2 m. Pode ser de metal, alumínio ou madeira conforme Figura 25.

Figura 25 - Baliza



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

4.3.1 Erro de verticalidade

A falta de verticalidade da baliza como ilustra na Figura 26, é um outro erro que ocorre com bastante frequência. O topógrafo ou o auxiliar pode inclinar a baliza no ato da mensuração, ocasionando erro nessa medição. A distância poderá ser subestimada ou superestimada,

dependendo de como for a falta de verticalização. Para verticalizar a baliza, o topógrafo poderá fazer de três maneiras: a primeira é utilizando um nível de cantoneira, a segunda é verticalizando através do fio vertical ou também chamado de colimador e a terceira solução é utilizando a gravidade. Nesse caso o Balizeiro segura a baliza e deixa atuar a gravidade e vai soltando aos poucos até atingir o ponto e de maneira verticalizada (COELHO JÚNIOR, ROLIM NETO, & ANDRADE, 2014).

Figura 26 - Falta de verticalidade da baliza



Fonte: VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, (2012).

4.4 PRISMA

A sua particularidade essencial é garantir que o sinal enviado pela estação total seja refletido segundo o mesmo percurso. É composto por um conjunto de espelhos, por um invólucro em plástico ou metal, guias para centragem da pontaria e o suporte de encaixe no respectivo bastão. Existem vários tipos de prismas com diferentes características “offset” para diferentes estações totais como podemos ver na Figura 27.

Figura 27 - Prisma

Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

4.5 PIQUETES

Segundo Veras Júnior (2003), após ser cravado no terreno, a parte superior do piquete deve ficar a uma altura de 1 a 2 cm em relação à superfície conforme Figura 28 e o ponto topográfico perfeitamente definido por uma marca apropriada qualquer, como por exemplo uma brocha ou taxa, uma marca de tinta etc.

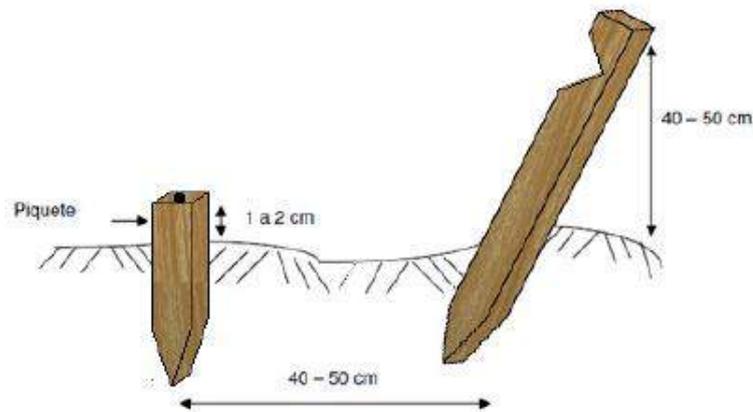
Figura 28 - Piquete

Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

4.6 ESTACAS TESTEMUNHAS

Conforme a Figura 29 demonstra que as estacas servem para testemunhar a presença de um outro piquete. Ela deve estar afastada do piquete em torno de 40 a 50 cm e seu comprimento também varia de 40 a 50 cm.

Figura 29 - Estacas testemunhas



Fonte: COELHO JÚNIOR, (2013).

4.7 MIRAS-FALANTE

Também chamada de mira stadimétrica ou estadia, é uma régua centimétrica conforme Figura 30, que serve para auxiliar as medições de distâncias horizontais, através da Taqueometria, e diferenças de nível com o uso do fio médio (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007).

Figura 30 - Mira



Fonte: (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007).

4.8 NÍVEIS DE LUNETETA

Na topografia realizamos levantamentos de áreas que necessita de uma precisão e com isso necessitamos de equipamentos capazes de coletar várias informações sobre o terreno como níveis, distâncias, medidas e etc.

Para auxiliar na determinação de distâncias verticais temos o nível conforme Figura 31, que segundo Veiga, Zanetti, & Faggion (2007), “são equipamentos destinados à determinação de distâncias verticais ou também chamadas de diferenças de nível entre dois ou mais pontos. Também pode ser utilizado para mensurar distâncias horizontais com auxílio da mira-falante, aplicando-se a Taqueometria. Estes equipamentos consistem de uma luneta associada a um nível esférico, de baixa precisão, e um sistema de pêndulos que têm a função de corrigir a precisão da calagem nos Níveis Óticos Automáticos”.

Figura 31 – Níveis de luneta



Fonte: (VEIGA, ZANETTI, & FAGGION, 2007).

4.9 TRIPÉ

No levantamento topográfico todo equipamento que nos auxilia na obtenção dos dados sempre é importante e o tripé é um dos equipamentos que nos auxilia como base para os equipamentos como Teodolito, Estação Total e Nível, conforme visto na Figura 32, ele nos auxilia para mantermos o equipamento sempre nivelado e parado.

Figura 32 - Tripé de alumínio



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

4.10 NÍVEL DE CANTONEIRA

Para conseguirmos uma precisão nos dados coletados, devemos sempre encontrar uma forma de deixar os equipamentos mais estáveis, longe de qualquer irregularidade mais sabemos que a maioria dos estudos, são realizados na maioria das vezes é campo aberto e estamos propícios ao erro, pois temos vários fatores que nos prejudica como ventos fortes, chuvas, neblinas e etc.

Neste contexto, com isso há vários acessórios que auxiliam, e o nível de cantoneira é um desses acessórios. Dessa forma, o aparelho auxilia a nivelar a baliza assim mantemos sempre o controle do nível evitando qualquer erro na hora de coletar as informações o nível de cantoneira é um pequeno acessório com um nível de bolha que pode ser acoplado às balizas, miras falantes e bastões objetivando a verticalização desses acessórios conforme Figura 33.

Figura 33 – Nível de cantoneira



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

4.11 ESTAÇÃO TOTAL

Conforme NBR 13333, (ABNT 2021, p.6), a partir de informações medidas em campo, como ângulos e distâncias, uma Estação Total permite obter outras informações como:

- Distância reduzida ao horizonte (distância horizontal);
- Desnível entre os pontos (ponto “a” equipamento, ponto “b” refletor);
- Coordenadas dos pontos ocupados pelo refletor, a partir de uma orientação prévia.

Figura 34 - Modelo de Estação Total



Fonte: Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

5 ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo os tópicos abordados descrevem a metodologia aplicada e os equipamentos utilizados na realização da pesquisa de campo, bem como o planejamento para realização de levantamento e softwares utilizados e seus respectivos resultados finais.

5.1 LEVANTAMENTO REALIZADO PELOS ACADÊMICOS COM GPS

No levantamento topográfico realizado em campo, utilizando o GPS, é necessário primeiramente encontrar os piquetes, sendo que no presente caso havia dois piquetes das limitações do terreno no local, entretanto, na hipótese não existir nenhum, deverá realizar a locação das dimensões do terreno de acordo com as medidas do mesmo por meio dos piquetes através de um ponto de referência existente, demarcando os cantos do terreno.

Assim, foi realizada a montagem, nos seguintes procedimentos: primeiro apoiamos o receptor GNSS - RTK e o coletor de dados em um bastão de extensão (*Rover*). Depois montamos a base do GPS GNSS-RTK, em um tripé (base) e após foi colocado para rastrear o sinal dos Satélites. Segundo, coletamos a distância vertical (HV) com uma trena, essa medida é a distância do GPS (base) até o solo, esta medida será solicitada pelo software de campo em uma etapa futura. Após a instalação do GPS que ficará fixo conhecido como BASE conforme Figura 35. Assim iniciou-se o levantamento planialtimétrico com o *Rover*.

Figura 35 - Tripé de alumínio e GPS (base)



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

No levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado com o GPS RTK foi feito percorrendo todo o terreno, coletando todos os pontos detalhando o mesmo, através do Rover. Essa coleta ocorre através do *Rover* GPS conectado em um bastão de alumínio conhecido como (*Rover*), e um celular com o aplicativo de GPS instalado, que se conecta via *bluetooth* com a base e o Rover (Figura 36 e 37), as informações dos dados levantados são salvas na memória interna do Aplicativo que faz o levantamento, e que fica na memória interna do Celular. Quando foi realizado um levantamento por meio de GNSS, os dados são salvos na memória interna do ROVER, mas este método não foi usado em nosso levantamento.

Figura 36 - Coletando pontos com GPS (*Rover*)



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Figura 37 - Celular fixado no *Rover*



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Após coletar os dados do terreno, é necessário fazer o processamento e a correção de dos mesmos para criar o projeto final.

Para iniciar o processamento dos dados do GPS, primeiramente conecta – se a BASE no Computador e através do programa SP File Manager 1.0.10, conforme Figura 38, é descarregado os Dados brutos da BASE.

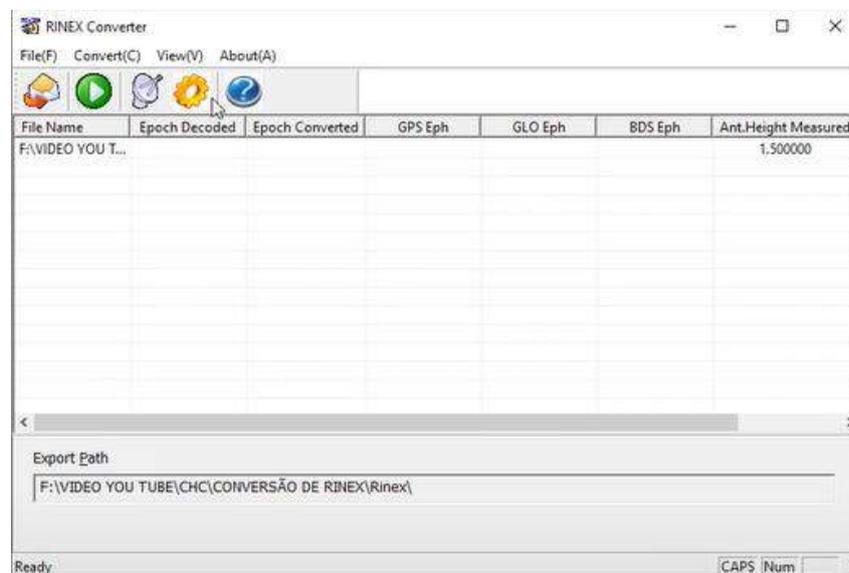
Figura 38 - Dados do GPS após ser descarregado



Fonte: Próprios Autores, (2021).

Após ter descarregado todos os dados BRUTOS, usa – se o programa o RINEX CONVERTER para converter os dados Brutos em arquivo Rinex 4.7.2, conforme Figura 39, para enviar para o IBGE, para fazer o processamento e a correção dos dados da Base.

Figura 39 - Programa Rinex

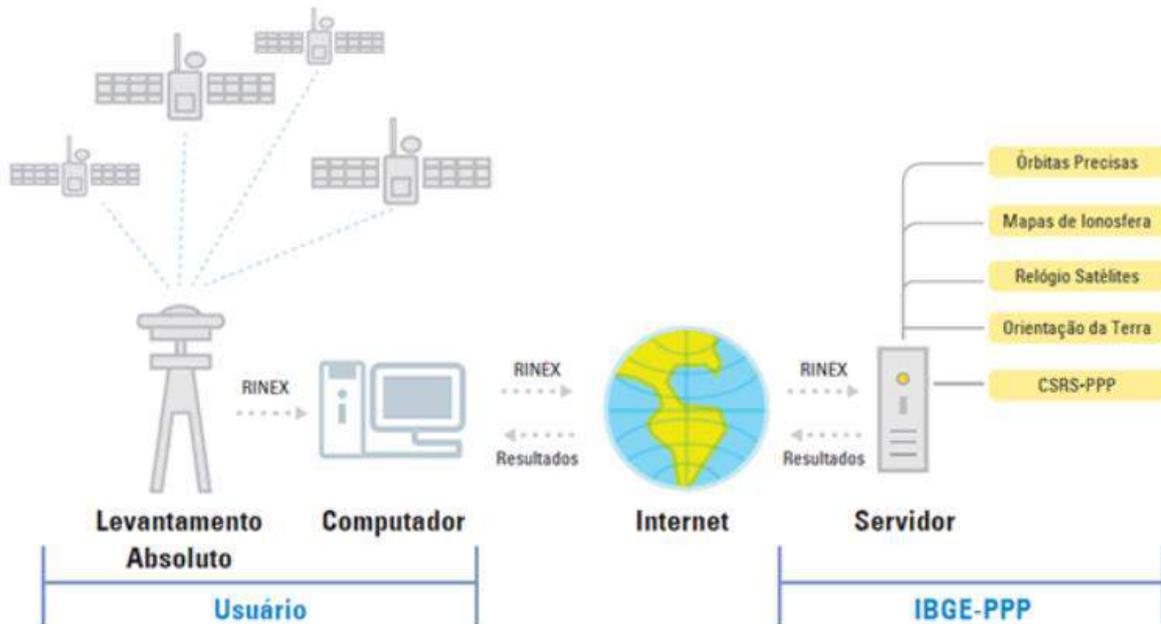


Fonte: Próprios Autores, (2021).

Após o processamento dos arquivos nos programas anteriormente citados, os dados Rinex foram encaminhados para realizar o processamento da BASE ponto preciso ou conhecido como (PPP), que é um serviço gratuito realizado pelo IBGE, aonde foi realizado o upload do arquivo

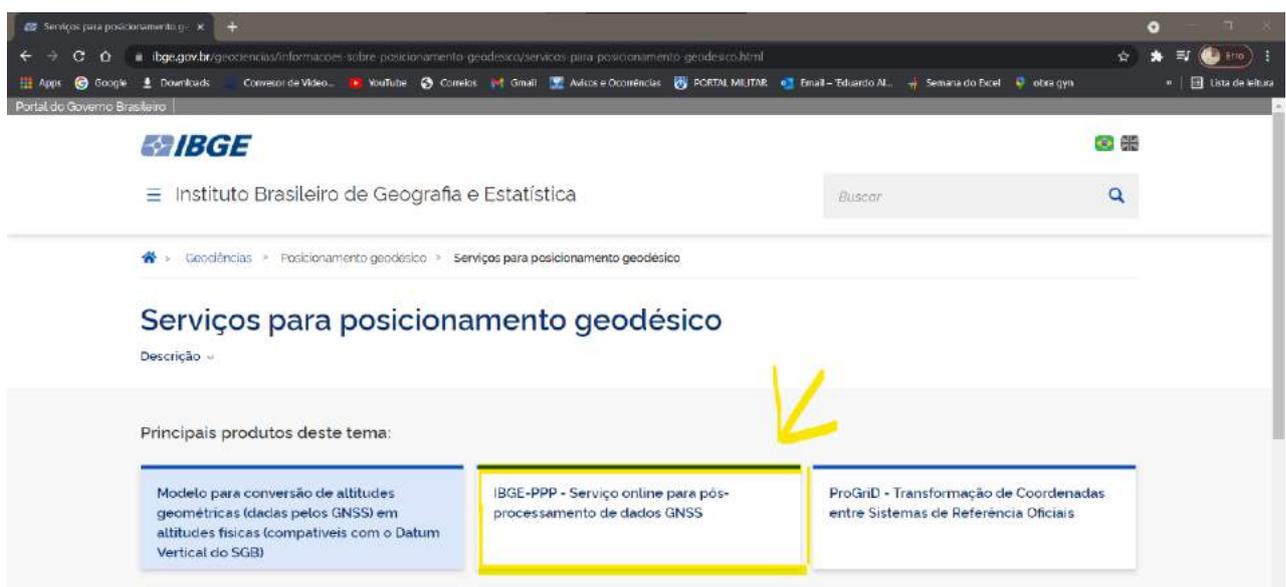
processado, que obtivemos na conversão na etapa anterior do ponto base e a partir disso o IBGE realizará via internet o processamento do arquivo, e em seguida retornar ao usuário as coordenadas corrigida da Base, conforme Figura 40, Figura 41 e Figura 42.

Figura 40 - Demonstrativo da conversão de dados



Fonte: Site IBGE, (2021).

Figura 41 - Site IBGE



Fonte: Próprios Autores, (2021).

Figura 42 - Site IBGE

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Buscar 

O que é

- Processar os dados**
- Saiba mais
- Notícias e Releases
- Outras informações 

Seja um colaborador do Sistema Geodésico Brasileiro!

Prezado usuário, caso tenha feito o levantamento em uma estação geodésica do IBGE (VT, RN ou SAT), a sua colaboração será de grande valia para a atualização das informações do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, fornecendo-nos o código estampado na chapa da estação no campo abaixo (por exemplo: 1120R):
Esta opção não é obrigatória. Caso não esteja fazendo o levantamento em um marco do SGB deixe em branco.

Código

Selecione o Modo de Processamento: Estático Cinemático

Selecione um arquivo RINEX: Só serão aceitos arquivos no formato: 05o a 21o, 050 a 210, 05d a 21d, 05D a 21D, obs, OBS, zip, ZIP, tar, TAR, tgz, TGZ, gz, GZ, mx, RNX, crx, CRX, 7z, 7Z

Nenhum arquivo selecionado

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: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Após o processamento dos dados da Base, abri-se o programa *Survey Office*, e nesse programa, são processados e ajustados os pontos coletados no *Rover*, a partir das Coordenadas da base, que já foram ajustadas no site do IBGE. Conforme Figura 43.

Figura 43 - Relatório enviado pelo IBGE

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000,4 (é a que deve ser usada) ⁴	-16° 21' 43,8169"	-48° 53' 18,2738"	997,50	8189831.320	725554.198	-51
Na data do levantamento ^b	-16° 21' 43,8084"	-48° 53' 18,2761"	997,50	8189831.582	725554.132	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,012	0,116	0,066			

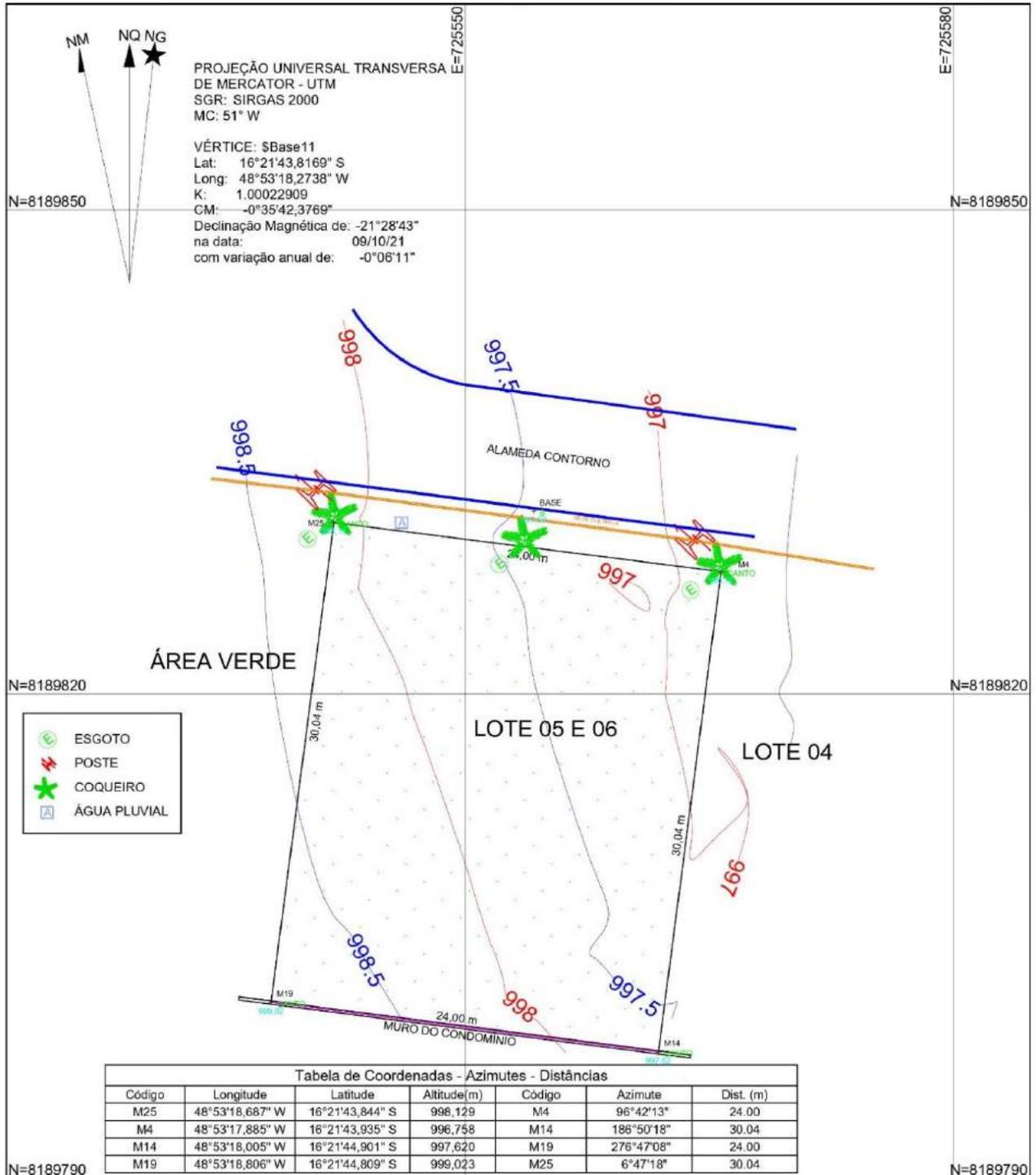
Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Após o processamento de ajuste e correção dos dados dentro do *Survey*. Logo após para finalização do projeto de Levantamento planialtimétrico, o programa *Geoffice* foi aberto para ser

realizado o desenho, com os dados das Coordenadas, sejam elas em latitude, longitude e altitude, com a representação das cotas de desnível.

Após o desenho do projeto, no *Geoffice*, é feito a exportação do projeto para o formato (DWG), que é o formato mais usado, e que é aberto no Autocad. Sendo assim, pode-se finalizar o desenho inserindo blocos e deixando o arquivo mais apresentado conforme Figura 44.

Figura 44 - Projeto Planialtimétrico com norte magnético.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

5.1.1 Levantamento realizado pelos acadêmicos com Estação Total

Já no levantamento topográfico planialtimétrico utilizando a estação total, foi necessário primeiramente identificar os piquetes existentes, e depois fazer a marcação, ou locação dos piquetes de acordo com as medidas do terreno. Como observa-se nas fotos do Apêndice A.

Após a montagem do equipamento estação total, é realizado o nivelamento da mesma. Assim inicia-se, o levantamento, com a coleta de dados dos pontos e a marcação dos piquetes de acordo com as medidas do terreno. Nesse caso, utiliza-se o prisma que é conectado no Bastão como pode ser visto na figura 45. Na marcação dos piquetes de canto do terreno, zeramos o equipamento e giramos a 90 graus para obtermos os cantos do terreno através das visadas conforme Figura 48.

Figura 45 - Prisma e Estação Total.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

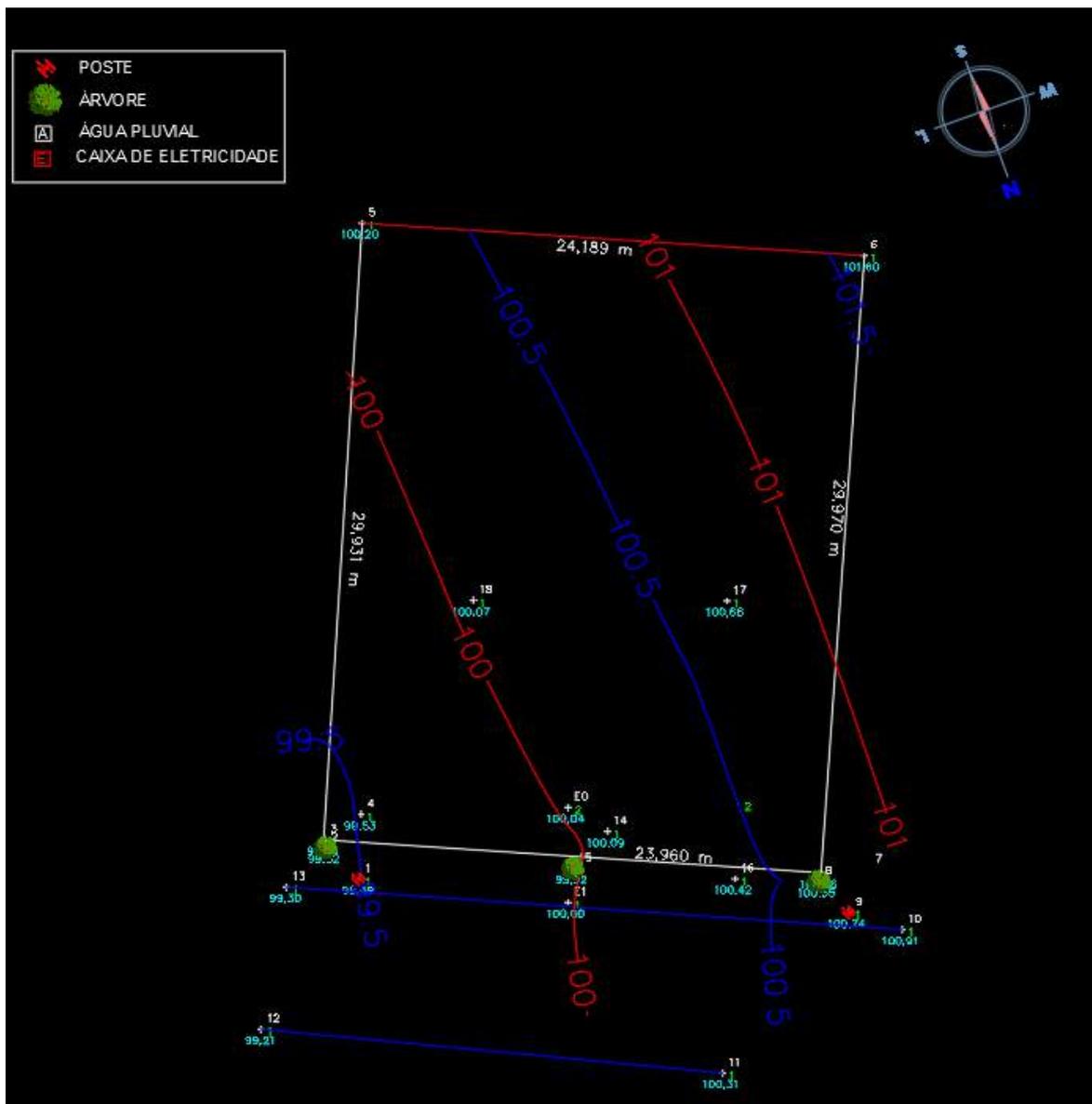
Após realizar a marcação dos pontos delimitamos os 4 cantos, coletamos mais alguns pontos no meio do terreno para obtermos, o melhor detalhamento do terreno no levantamento planialtimétrico.

No caso da Estação total, e como não havia uma base processada georreferenciada, os processamentos dos dados e totalmente diferente do GPS. Dados coletados eletronicamente através da estação total foram baixados para um computador com o uso do software *TransferCPE*, programa específico da estação *Geodetic G2* para baixar os dados coletados no levantamento. Lembrando que no caso da Estação Total, as cotas da base de origem do levantamento são

arbitrárias, partindo de um ponto para construção do desenho. Após os dados serem descarregados da Estação Total, o desenho é feito também no programa *Geoffice*, que posteriormente é exportado no formato DWG, como no levantamento anterior feito pelo GPS.

Na figura 46 mostra todos os pontos coletados e as informações das cotas de níveis obtidas através do levantamento. No caso o levantamento pela Estação Total, não foi georreferenciado, porém este representa também todo o detalhamento planialtimétrico do terreno.

Figura 46 - Pontos obtidos pela Estação Total.



PRÓPRIO AUTOR (2021).

5.1.2 Análise do GPS com a Estação Total

Após análise dos resultados foi realizado um quadro com as vantagens e desvantagens de cada aparelho como vislumbra-se no Quadro 4.

Quadro 4 - Vantagens e desvantagens

COMPARATIVOS GPS E ESTAÇÃO TOTAL NO LOTE DE 700m²				
ITENS	GPS		ESTAÇÃO TOTAL	
	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
TIPOS DE LEVANTAMENTO	Levantamento Georeferenciado	Tempo para o processamento dos dados	-	Precisa de uma Base anteriormente georeferenciado e processada, ou do contrário as coordenadas NÃO serão Georeferenciadas, mas arbitrárias.
TEMPO	Rapidez no levantamento de coleta de dados no campo	-	-	Maior tempo para a coleta dos dados
DADOS OBTIDOS	Boa Acurácia dos dados Georeferenciados	-	Boa Acurácia dos dados, porém não Georeferenciados	Para que os dados sejam Georeferenciados necessita-se de uma base processada
QUANTIDADE DE MÃO DE OBRA	Serviço executado por 1 pessoa	-	-	Necessita de no mínimo de 2 pessoas para execução
VALOR DO APARELHO	-	Valor do Aparelho: Em média de 80 mil reais	Aparelho com valor em torno de 10 mil reais	-
QUANTIDADES DE PROGRAMAS	-	Necessário de no mínimo 5 programas	Necessário apenas 2 programas,	-

PARA O PROCESSAMENTO DOS DADOS		para realização de todo o projeto.	sendo o programa de descarregar os dados, e o outro de fazer o desenho.	
LOCAÇÃO DO PERIMETRO DO TERRENO	-	Para fazer a locação é necessário o processamento dos dados, e posteriormente se faz necessário voltar no campo para a locação/marcação s/ piquete	Faz locação/ marcação dos limites do terreno, desde que se tenha os pontos de referências iniciais, com os ângulos para a marcação;	-

ITENS	GPS		ESTAÇÃO TOTAL	
	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
SERVIÇOS	Levantamento Agrícola como georreferenciamento rural de forma mais rápida e precisa	-	-	Difícil execução na área rural devido as exigências de uma equipe maior de mão de obra desde o Levantamento até o serviço de roçagem e outros
LEVANTAMENTO GERAL	Atende praticamente todos os serviços da topografia, locação em geral, serviços de terraplanagem, georreferenciamento rural e urbano, Levantamento planialtimétrico e planimétrico	-	-	Maior dificuldade no levantamento Georreferenciado, e maior tempo de execução.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o resultado obtido, o objetivo do estudo foi alcançado, destacando a utilização do GPS (GNSS – RTK) em que se mostrou totalmente eficaz e rápido.

Já o levantamento com a Estação Total mostrou-se um pouco mais complexa em alguns quesitos, como: a montagem e também por necessitar de no mínimo 2 pessoas para realização do levantamento, e o tempo de execução.

O estudo visava realizar um levantamento topográfico em um terreno, com diferentes tipos de equipamentos existentes no mercado para esse fim, com isso nota-se que os dois equipamentos possuem uma diferença em vários fatores.

Em pesquisa com alguns arquitetos, eles optam pelo levantamento Georeferenciado devido o levantamento fornecer os dados como: coordenadas, latitude e longitude e altitude, e além de termos um levantamento Georeferenciado com imagem aérea através do Google Earth, porque também obténs coordenada que podem facilitar na locação dos outros projetos complementares.

Cada equipamento possui suas vantagens e desvantagens, conforme listado no quadro 5. Com isso conclui-se que o uso do GPS em um levantamento topográfico é mais apropriado e adequado pois o mesmo nos fornece cotas de desníveis com maior precisão, a direção do Norte Magnético, fornece as coordenadas cartesianas georreferenciada e um detalhamento do desenho bem maior do que a Estação Total. O Prazo de execução é bem menor, e ele não serve somente para levantamentos urbanos mais também para levantamentos rurais, levantamento para construção de galerias pluviais, barragens e entre outros.

Já a Estação Total é excelente na locação do terreno onde o GPS necessita de um levantamento da área total antes e após o processamento os dados precisar retornar e realizar à locação.

Como essa pesquisa buscou-se sempre facilitar o nosso serviço através de rapidez e precisão, os equipamentos a cada dia se tornam mais eficaz e rápido na captação dos dados, e sempre deve-se buscar esse conhecimento, assim oferecer um serviço de qualidade e seguro pois quanto maior a precisão nos dados informados, maior a segurança na apresentação do projeto ao cliente final.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de levantamento topográfico: NBR13133**. 1994
- BORGES, Alberto de Campos. **Topografia Aplicada a Engenharia Civil**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2013. 212 p.
- BRANDALIZE, Maria Cecília Bonato. **Topografia**. PUC/PR. Disponível em: <http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost01.pdf>. Acesso em: 06 maio. 2021.
- BRANDALIZE, Maria Cecília Bonato. **Topografia**. PUC/PR. Apostila. Disponível em: [http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia\(6\).htm](http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia(6).htm). Acesso em: 22 maio. 2021.
- CARVALHO, Paulo, MACEDO, Marcia. **Introdução à Topografia**. s/d. Slides. Disponível em http://topografiapoli.pbworks.com/w/file/etch/77236106/MMacedo_TopoPlan.pdf. Acesso em: 21 maio 2021.
- CERQUEIRA, José Antônio Cavalcante. **Definição de uma superfície geoidal local através de posicionamento por GPS**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Cap. 8.
- DAIBERT, João Dalton. **Topografia: técnicas e práticas de campo**. São: Erica, 2013. 203 p.
- DOMINGUES, Felipe Augusto Aranha. **Topografia e Astronomia de Posição para Engenheiros e Arquitetos**. São Paulo: McGraw Hill, 1979. 403 p.
- ESPARTEL, Lelis. **Curso de Topografia**. 9. ed. Riio de Janeiro: Globo S. A, 1987. 576 p.
- GEMAEL, Camil; MACHADO, Alvaro Muriel Lima; WANDRESEN, Romualdo. **Introdução ao ajustamento de observações: Aplicações geodésicas**. Curitiba: Ufpr, 2016. 430 p.
- FOIF. **Manual de instruções teodolito eletrônico DT200 séries**. Disponível em: https://docgo.net/viewdoc.html?utm_source=manual-teodolito-eletronico-dt200-foif Acesso em junho. 2021.
- GOUVEIA, Rogerio Gonçalves Lacerda de. **Topografia: Altimetria**. São Paulo: Clube de Autores, 2020. 69 p.
- JORDAN, Wilhelm. **Tratado General de Topografía**. 9. ed. Barcelona: Ditorial Gustavo Gili, S.L, 1961.
- MCCORMAC, Jack. **Topografia**. Clemson, Estados Unidos: Limusa Wiley, 2007. 391 p.
- MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS - Descrição Fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 480 p.
- NETO JÚNIOR, José Machado Coelho; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Julio da Silva C. O. **Topografia Geral**. Recife: Edufrpe, 2014. 156 p.
- REVISTA GEO SABERES**. Ceará: Redalyc, v. 10, n. 22, 2019.

SANTOS, Sheila R. **Conceitos de Topografia.** s/d. Slides. Disponível em <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/topografia/livros/CONCEITOS%20DE%20TOPOGRAFIA.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2021.

SEEBER, Gunter. **Satellite Geodesy: foundations, methods, and applications.** 2. ed. Berlin: Walter de Gruyter, 2003. 575 p.

SILVA, Cícero José da; SILVA, Cesar Antônio da. **Apostila de Topografia.** 3. ed. Morrinhos: Ifgoiano, 2017. 87 p.

SILVA, Irineu da; (SILVA; SEGANTINE, 2015), Paulo Cesar Lima. **Topografia para Engenharia: teoria e prática de geomática.** Rio de Janeiro: Gen Ltc, 2015. 432 p.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sergio. **Fundamentos de Topografia.** Porto Alegre: Bookmen, 2014. 305 p.

VEIGA, Luís Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig; FAGIION, Pedro Luiz. **Fundamentos de Topografia.** Paraná: Ufpr, 2012. 274 p.

VERAS JÚNIOR, Luís. **Topografia - Notas de Aulas.** Recife: Ufrp, 2003. 217 p. (NOTAS DE AULA).

APÊNDICE A

As imagens abaixo são referentes ao levantamento realizado com o GPS RTK, em que ficou demonstrado pontos importantes do levantamento que posteriormente foi inserido no projeto planialtimétrico.

**Levantamento de pontos com GPS
(Rover).**



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

**Levantamento de pontos com GPS
(Rover).**



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

**Levantamento de pontos com GPS
(Rover).**



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

**Levantamento de pontos com GPS
(Rover).**



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

APÊNDICE A

Neste momento, houve a continuidade do procedimento realizado e informado acima.

GPS (Rover) e GPS (Base).



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Nível de bolha da base do GPS.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Imagem gerada pelo GPS no Google Earth



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Vista do lote aonde foram coletados os dados



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

APÊNDICE B

A imagem abaixo refere-se ao arquivo recebido pelo IBGE, após o tratamento dos dados brutos.

Relatório (PPP) completo enviado pelo IBGE.



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

Sumário do Processamento do marco: N/A

Inicio:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/10/08 12:34:59,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/10/08 13:02:30,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	SPP101861 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	ULTRA-RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,690
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,44 GPS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,58 GPS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴	-16° 21' 43,8169"	-48° 53' 18,2738"	997,50	8189831.320	725554.198	-51
Na data do levantamento ⁵	-16° 21' 43,8084"	-48° 53' 18,2761"	997,50	8189831.582	725554.132	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,012	0,116	0,066			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	-10,32	Incerteza (m): 0,08
Altitude Normal (m):	1.007,82	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

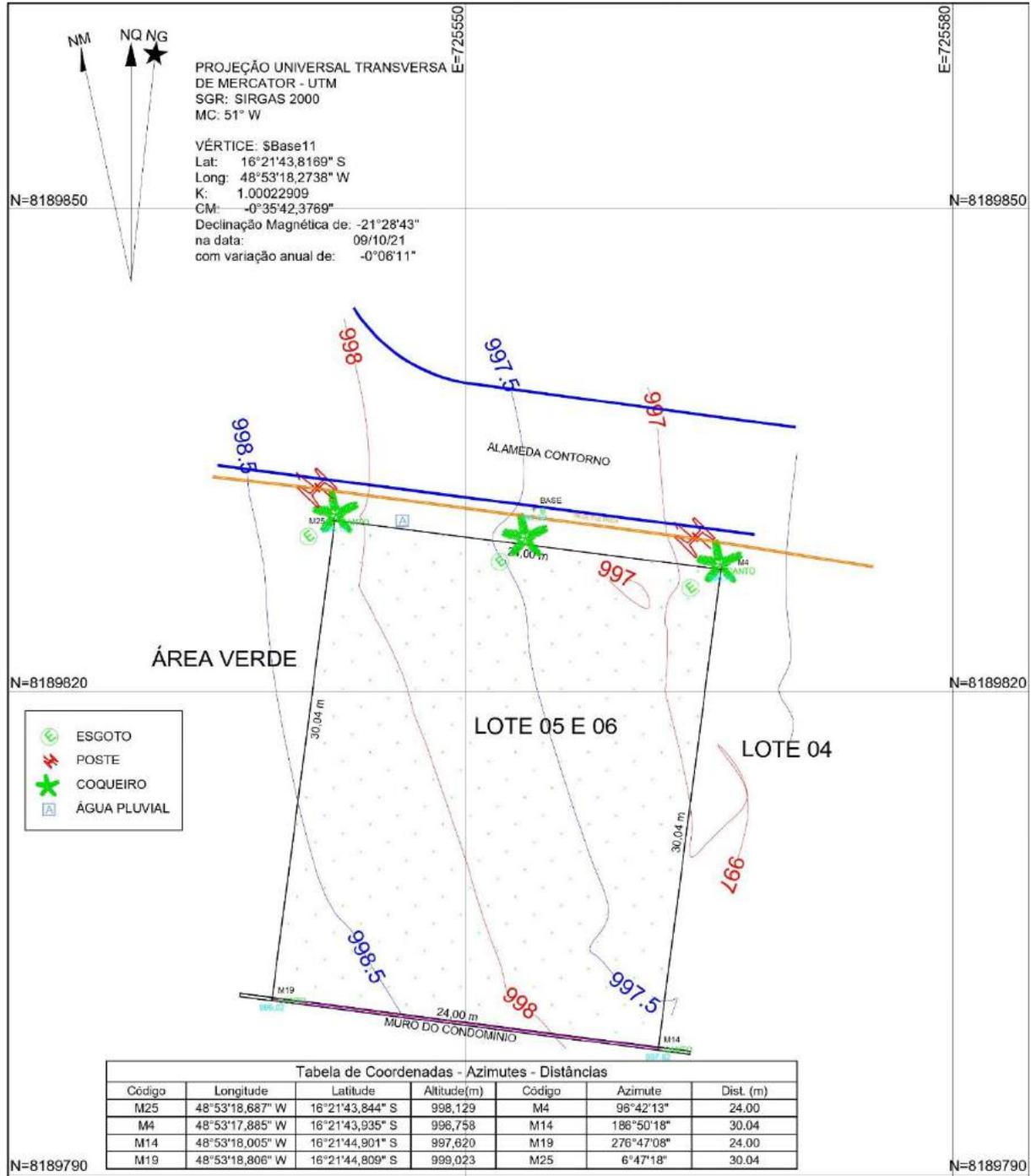
Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

APÊNDICE C

Segue a seguir o projeto planialtimétrico final realizado pelo GPS, para elaboração deste trabalho.

Projeto Planialtimétrico Final realizado pelo GPS

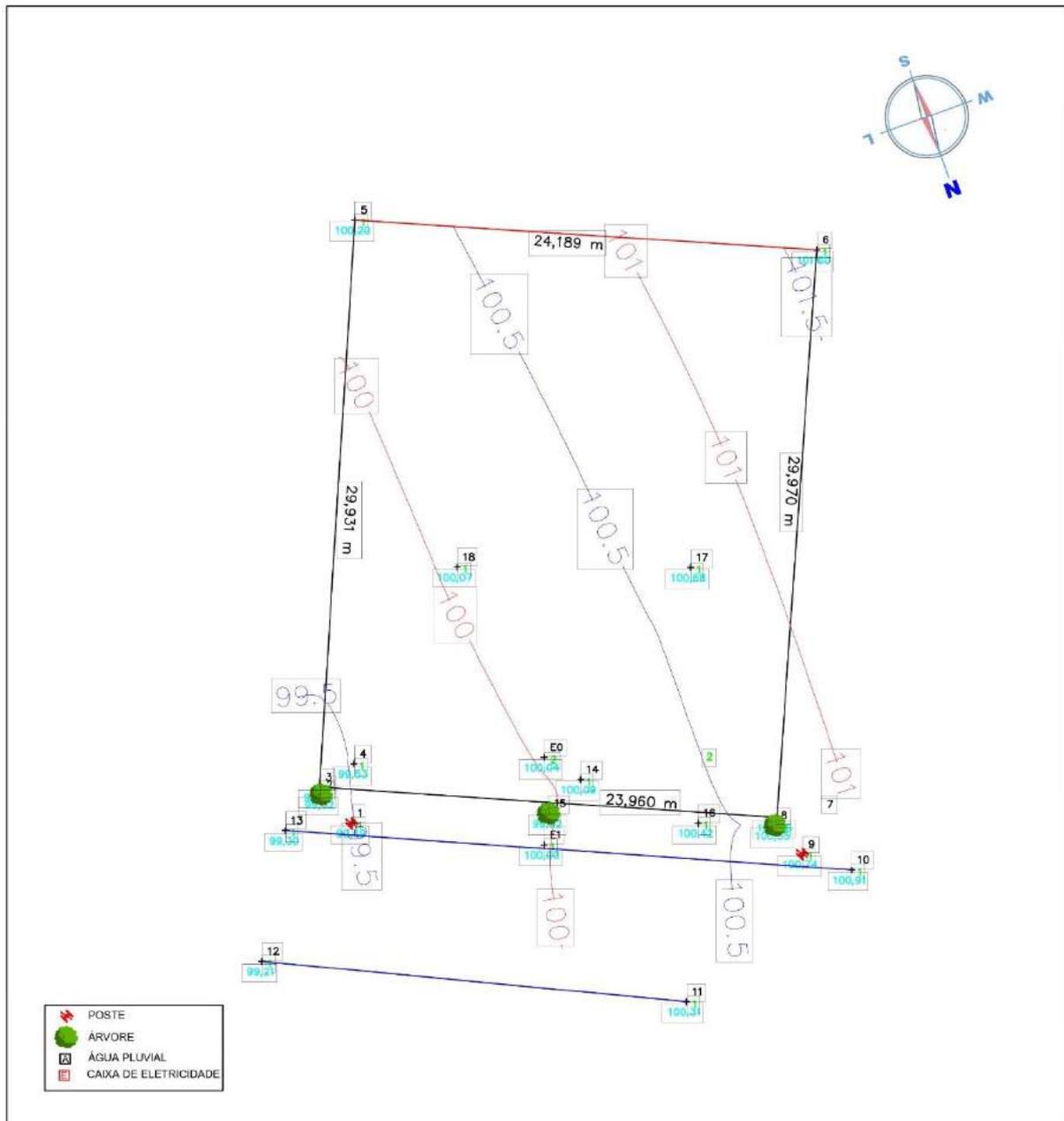


Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

APÊNDICE D

Segue a seguir o projeto planialtimétrico final realizado pela estação total, para elaboração deste trabalho.

Projeto Planialtimétrico Final realizado pelo Estação Total

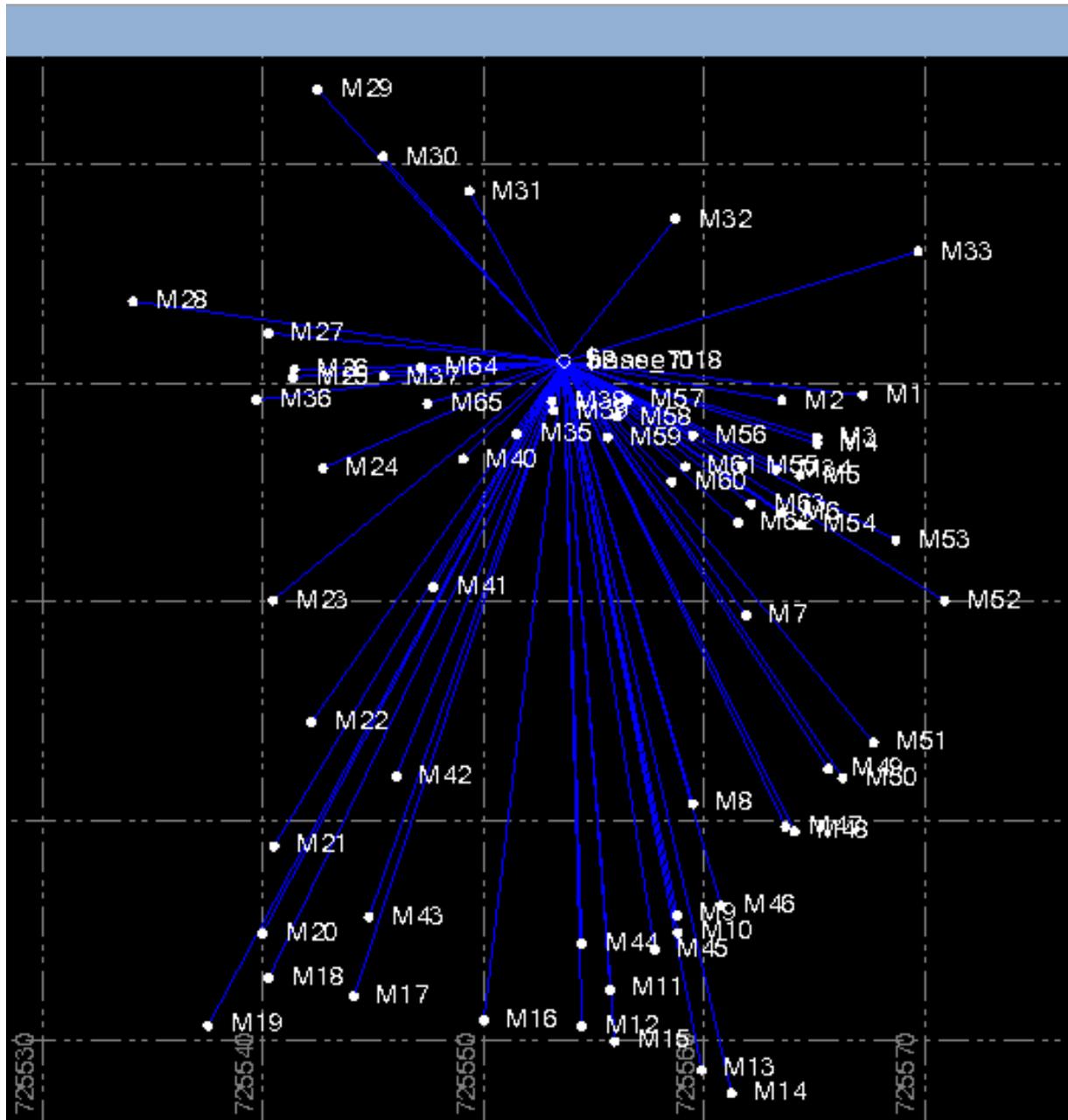


Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

APÊNDICE E

Neste momento, é fornecido os dados brutos do GPS (*Rouver*) obtivo antes de serem processados.

Dados do GPS (*Rouver*) obtidos antes de serem processados



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).