

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

Tayane Cristina Oliveira

**ANÁLISE DOS DADOS PLANIALTIMÉTRICOS OBTIDOS ATRAVÉS DE
SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE / *REAL TIME KINEMATIC*
(GNSS/RTK) E TAQUEOMETRIA**

Piumhi – MG

2020

Tayane Cristina Oliveira

**ANÁLISE DOS DADOS PLANIALTIMÉTRICOS OBTIDOS ATRAVÉS DE
SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE / *REAL TIME KINEMATIC*
(GNSS/RTK) E TAQUEOMETRIA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Avançado Piumhi como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Humberto Coelho de Melo

Piumhi – MG

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

O48a Oliveira, Tayane Cristina.

Análise dos dados planialtimétricos obtidos através de sistemas de navegação global por satélite / *Real Time Kinematic* (GNSS/RTK) e taqueometria / Tayane Cristina Oliveira. – 2020.

81 f.

Orientador: Humberto Coelho de Melo.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Avançado Piumhi, 2020.

1. Topografia. 2. Taqueometria. 3. GNSS/RTK. I. Título.

CDD 526.9

Ficha elaborada pela bibliotecária Andreia Cristina Damasceno - CRB6/1974

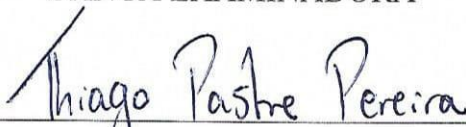
Tayane Cristina Oliveira

**ANÁLISE DOS DADOS PLANIALTIMÉTRICOS OBTIDOS ATRAVÉS DE
SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE E *REAL TIME*
KINEMATIC (GNSS/RTK) E TAQUEOMETRIA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 19/04/2020 pela banca examinadora:

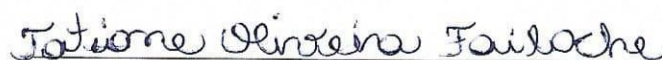
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Thiago Pastre Pereira - IFMG



Prof^a. Me. Ceile Cristina Ferreira Nunes - IFMG



Prof^a. Me. Tatiane Oliveira Failache - IFMG



Prof. Me. Júnior Henrique Canaval - IFMG



Prof. Me. Humberto Coelho de Melo - IFMG (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por todas as oportunidades durante este ciclo de crescimento e aprendizado nos últimos cinco anos e meio, por me dar forças e sabedorias para vencer os desafios.

À minha família por não evitar esforços e dedicação para ajudar a realizar meus sonhos e por nunca me deixarem desistir deles, em especial aos meus pais Romério e Vilma, por todo amor, educação, apoio, incentivo, confiança e exemplo. Aos meus irmãos Wendel, William e Thalita pelo carinho, amizade e companheirismo compartilhados.

A todos os familiares e amigos que sempre torceram por mim, obrigada pelo incentivo contínuo ao longo destes anos de faculdade e pelos momentos vivenciados. Aos colegas e amigos da graduação, pela amizade construída durante o curso, que ficará para toda a vida.

Ao professor Humberto Melo, por toda compreensão, profissionalismo, ensinamentos, paciência, pela orientação durante todo o desenvolvimento deste trabalho, não só neste trabalho, mas ao longo de toda a trajetória da graduação, compartilhando seus conhecimentos e se dedicando intensamente aos alunos, meus sinceros agradecimentos.

Ao Gilson e a Fábria, pela paciência, oportunidade, e por todo conhecimento transmitido, durante estes últimos semestres, por me acolherem tão bem na empresa GF Agro Topografia, agradeço também pelo empréstimo dos equipamentos e materiais para realização do estudo de caso.

Sou grata ao IFMG, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Avançado Piumhi e a todos os professores e funcionários, pelo acolhimento, conhecimento adquirido e formação acadêmica.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho. Em especial ao Gilson e a Bruna por me ajudarem a realizar os levantamentos topográficos da área escolhida.

RESUMO

A Topografia é a ciência que estuda a representação e a descrição das irregularidades da superfície do terreno a partir de técnicas e métodos, utilizando equipamentos topográficos. O conhecimento detalhado de um terreno, tanto na fase do projeto e na sua execução, torna-se base de qualquer projeto e obra da Engenharia Civil. O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo desenvolver uma análise comparativa dos dados obtidos pelos métodos GNSS/RTK e Taqueometria utilizados para realizar o levantamento topográfico de uma mesma área. A Estação Total é um aparelho eletrônico utilizado na medida de ângulos verticais e horizontais e distâncias, também é capaz de armazenar os dados coletados e executar alguns cálculos mesmo em campo, utilizando o método de Taqueometria. O sistema GNSS/RTK baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites e proporciona o conhecimento em tempo real de coordenadas precisas dos vértices levantados. Os dois equipamentos, Estação total e GPS, são utilizados para levantamentos topográficos e locação de obras civis. A metodologia aplicada neste trabalho trata-se de um estudo de caso, baseado no método *survey*, o qual consiste em uma investigação quantitativa. Para a análise comparativa empregada utilizou-se as diferenças dos dados obtidos pelo método GNSS/RTK e Taqueometria. As variáveis estudadas foram as diferenças das coordenadas em x, y e z, e as diferenças das distâncias horizontais e inclinadas. Os resultados obtidos mostraram que a precisão do sistema GNSS/RTK é próxima do levantamento utilizando Taqueometria para as coordenadas norte e leste, porém não foram satisfatórias para a altimetria.

Palavras-chave: Topografia. Taqueometria. Estação total. GNSS/RTK. GPS.

ABSTRACT

Topography is the science that studies the representation and description of the irregularities of the land surface using techniques and methods, using topographic equipment. The detailed knowledge of a land, both in the design phase and in its execution, becomes the basis of any Civil Engineering project and work. The present work of course completion aims to develop a comparative analysis of the data obtained by the methods GNSS / RTK and Tachymetry used to perform the topographic survey of the same area. The Total Station is an electronic device used in the measurement of vertical and horizontal angles and distances, it is also capable of storing the collected data and performing some calculations even in the field, using the Tachymetry method. The GNSS / RTK system is based on the instantaneous transmission of correction data from satellite signals and provides real-time knowledge of precise coordinates of the raised vertices. The two equipment, Total Station and GPS, are used for surveying and leasing civil works. The methodology applied in this work is a case study, based on the survey method, which consists of a quantitative investigation. For the comparative analysis used, the differences in the data obtained by the GNSS / RTK method and Tachymetry were used. The variables studied were the differences in the coordinates in x, y and z, and the differences in horizontal and inclined distances. The results obtained showed that the precision of the GNSS / RTK system is close to the survey using tachymetry for the north and east coordinates, however they were not satisfactory for the altimetry.

Keywords: Topography. Tachymetry. Total Station. GNSS/RTK. GPS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação dos ângulos.	26
Figura 2 – Elementos geométricos de um nivelamento trigonométrico.....	28
Figura 3 – Modelo Box Plot.	37
Figura 4 – Distribuições assimétricas.	38
Figura 5 – Estacas e piquetes.....	41
Figura 6 – STONEX S8 plus – RTK.	41
Figura 7 – GPS e coletora STONEX S4 series.....	42
Figura 8 – Base, rádio de transmissão, bateria.	42
Figura 9 – Estação total RTS-822R ³	43
Figura 10 – Estação total RTS-822R ³	44
Figura 11 – Local da pesquisa, IFMG.	45
Figura 12 – Representação dos pontos no local de estudo.	46
Figura 13 – Ponto P8 do levantamento topográfico.	59
Figura 14 – Ponto P2 do levantamento topográfico.	59
Figura 15 – Ponto P5 do levantamento topográfico.	59
Figura 16 – Ponto P4 do levantamento topográfico.	60
Figura 17 – Ponto P18 do levantamento topográfico.	60
Figura 18 – Ponto P21 do levantamento topográfico.	61
Figura 19 – Ponto P20 do levantamento topográfico.	61
Figura 20 – Ponto P2 do levantamento topográfico.	61
Figura 21 – Ponto P21 do levantamento topográfico.	62
Figura 22 – Ponto P5 do levantamento topográfico.	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Box Plot.....	49
Gráfico 2 – Desvio padrão x Média.	50
Gráfico 3 – Gráfico de Dispersão Δx com Δy	51
Gráfico 4 – Gráfico de Dispersão Δx com Δz	52
Gráfico 5 - Gráfico de Dispersão Δx com ΔDH	53
Gráfico 6 - Gráfico de Dispersão Δx com ΔDI	54
Gráfico 7 - Gráfico de Dispersão Δy com Δz	54
Gráfico 8 - Gráfico de Dispersão Δy com ΔDH	55
Gráfico 9 - Gráfico de Dispersão Δy com ΔDI	56
Gráfico 10 - Gráfico de Dispersão Δz com ΔDH	56
Gráfico 11 - Gráfico de Dispersão Δz com ΔDI	57
Gráfico 12 – Gráfico de Dispersão ΔDH com ΔDI	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados Box Plot.....	48
Tabela 2 - Desvio Padrão.....	49
Tabela 3 – Dados Obtidos.	51

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	Desenho assistido por Computador
GALILEU	Sistema Global de navegação por Satélite
GIS	Sistema de Informação Geográfica
GLONASS	Sistema Global de navegação por Satélite
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
MED	Medição eletrônica de distância
NBR	Norma Brasileira
RTK	Real Time Kinematic
SAD	Datum Sul-americano
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGR	Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.
UTM	Universal Transverso de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1	TOPOGRAFIA	17
3.2	LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	18
3.3	EQUIPAMENTOS.....	19
3.3.1	GPS	19
3.3.2	Estação Total.....	20
3.4	ERROS.....	20
3.5	MÉTODO GNSS/RTK	22
3.6	MÉTODO TAQUEOMÉTRICO	23
3.7	MÉTODO DA IRRADIAÇÃO.....	24
3.8	MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS E ÂNGULOS	25
3.8.1	Grandezas Angulares	25
3.8.2	Medições de distâncias indiretas.....	26
3.8.3	Método de medições de distâncias com o sistema GNSS.....	26
3.9	ALTIMETRIA	27
3.9.1	Nivelamento trigonométrico	27
3.9.2	Nivelamento com a tecnologia GNSS	29
3.10	ESTATÍSTICA	30
3.10.1	Medidas de Posição.....	30
3.10.2	Medidas de Dispersão	32
3.10.3	Gráfico de Dispersão.....	34
3.10.4	Regressão linear	35
3.10.5	Box Plot.....	36
4	MATERIAIS E MÉTODOS	39
4.1	MATERIAIS UTILIZADOS	41
4.1.1	GPS	41
4.1.2	Estação Total e acessórios.....	43
5	ESTUDO DE CASO.....	45

5.1	LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	46
5.1.1	Levantamento topográfico com sistema GNSS/RTK	46
5.1.2	Levantamento topográfico com Taqueometria	47
5.2	PROCESSAMENTO DOS DADOS	47
5.2.1	Processamento dos dados com sistema GNSS/RTK.....	47
5.2.2	Processamento dos dados com Taqueometria.....	47
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	48
7	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICE A -MAPA DA LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	68
	APÊNDICE B – PLANTA GNSS/RTK.....	70
	APÊNDICE C – PLANTA ESTAÇÃO TOTAL.....	72
	APÊNDICE D – CADERNETA DE CAMPO ESTAÇÃO TOTAL.....	74
	APÊNDICE E –PLANTA COM OS DOIS MÉTODOS UTILIZADOS.....	77
	APÊNDICE F – DADOS OBTIDOS.....	79
	ANEXO A – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO.....	80

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo a topografia foi evoluindo com as inovações tecnológicas e o desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas. A topografia é fundamental na área da Engenharia Civil, pois conhecer o terreno em que se vai executar uma obra é de extrema importância e um dos serviços iniciais.

Segundo Loch e Cordini (2007):

O termo Topografia provém do grego, “topos”, que significa lugar/região e “grapho”, que significa descrever, portanto, Topografia quer dizer “descrição de um lugar”. Sendo bastante fiel à origem do seu nome, Topografia é a ciência que estuda os acidentes geográficos e define a situação e localização destes na Terra (LOCH e CORDINI, 2007).

O uso da Topografia no setor da Engenharia Civil tem como finalidade garantir a elaboração de um projeto seguro e eficaz, permitindo a descrição exata de um lugar presumindo os possíveis acidentes geográficos que acercam uma determinada área.

De acordo com BORGES (2013), “a Topografia está inserida em todas as atividades da Engenharia Civil. Desde a obtenção de plantas com curvas de nível, indispensável para a elaboração de qualquer projeto, até a locação destes projetos”.

Através da topografia conhecemos as dimensões originais e reais de todo e qualquer terreno. Alguns exemplos imprescindíveis para a elaboração dos mais diversos tipos de projetos são as plantas planialtimétricas, as plantas cartográficas, plantas de locação, entre outras.

Os equipamentos usados atualmente em marcações de obras permitem que os levantamentos sejam realizados com mais agilidade. Cada aparelho possui características que o tornam mais adequado a determinado método, nível de precisão ou tipo de serviço. Para realizar um levantamento com alta precisão é necessário que se conheçam as condições de funcionamento de cada equipamento.

Nesta pesquisa serão comparados dois métodos, o levantamento por Taqueometria e o levantamento utilizando Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) e *Real Time Kinematic* (RTK), com a utilização de dois tipos de equipamentos: Estação Total e GPS/RTK, os quais tem uma considerável diferença nos princípios de funcionamento.

A estação total é um dispositivo que combina um teodolito e um Medidor Eletrônico de Distância (MED) junto com um computador ou microprocessador embutido, com capacidade de armazenar dados e fazer vários cálculos, tais como determinação das

componentes horizontais e verticais de distâncias inclinadas, cálculos de diferenças de cotas e coordenadas de pontos visados.

Conforme McCormac (2016):

As medições de ângulos horizontais e verticais e distâncias inclinadas são lidas automaticamente. Os dados lidos são guardados automaticamente via coletores de dados e transferidos com facilidade para pós-processamento em programas de computador e softwares de mapeamento (MCCORMAC, 2016).

De acordo com a NBR 13133 o nivelamento pelo método taqueométrico consiste em um:

Nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação (ABNT, 1994).

O sistema de posicionamento global (GPS ou *Global Positioning System*) é um sistema criado para a locação rápida de pontos sobre a superfície da Terra pela medição de distâncias desses pontos aos satélites artificiais (MCCORMAC, 2016).

O sistema global de navegação por satélite (GNSS) é uma rede de sistemas de posicionamento por satélites, fundamenta-se na navegação e processamento dos dados para determinação de coordenadas dos pontos sobre a superfície terrestre, por meio da troca de informações entre os satélites e equipamentos (MCCORMAC, 2016).

O sistema *Real Time Kinematic* (RTK) ou posicionamento cinemático em tempo real é um sistema que permite a correção imediata das observações. Sua aplicação permite que as informações sejam tratadas simultaneamente com o momento do levantamento dos dados (MCCORMAC, 2016).

Em todos os setores da Engenharia Civil há necessidade de obras rápidas, com menos desperdício de materiais e tempo, prazo curto, tornando a Topografia como um meio de agilidade e precisão. Portanto, torna-se necessário tecnologias mais eficientes e equipamentos mais precisos, para assim, aperfeiçoar certos processos e aprimorar o produto final.

Para o posicionamento correto das obras de Engenharia é de extrema importância que os dados resultantes do levantamento de campo sejam precisos e acurados, com um bom planejamento e uma boa execução, pois qualquer erro de deslocamento ou precisão na marcação e locação da obra pode comprometer a sustentação de uma estrutura.

Algumas aplicações da topografia em obras de engenharia são marcação e locação de obras, demarcação de pontos para execução de fundações, estradas, obras de terraplanagem, fixação de pilares, entre outras.

O presente trabalho será dividido em revisão bibliográfica, metodologia de levantamento, apresentação dos métodos e materiais utilizados, escolha da área para a realização do trabalho, análise dos dados coletados *in loco*, discussão dos resultados e considerações finais acerca do tema.

O estudo de caso realizado busca a comparação dos sistemas GNSS/RTK e Taqueometria, com a finalidade de verificar a diferença dos resultados entre os métodos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Comparar resultados dos levantamentos planialtimétricos utilizando dois métodos diferentes para uma mesma área. Para tanto, estabelecer a comparação do método GNSS/RTK com o emprego do GPS e o método de Taqueometria com a utilização da Estação Total.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar, com base na bibliografia, os dois métodos;
- Realizar levantamento planialtimétrico utilizando os dois métodos: Taqueometria e GNSS/RTK;
- Gerar plantas de locação;
- Analisar os dados coletados, comparando as diferenças entre os pontos obtidos pelos dois métodos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a elaboração desse estudo, foram utilizados livros, normas técnicas, publicações em revistas e artigos científicos, para fundamentar e conceituar os assuntos. Através da revisão bibliográfica explicou-se o tema do estudo, para que fosse possível comparar os equipamentos e métodos utilizados no levantamento.

3.1 Topografia

Topografia é o nome “para a ciência que estuda a representação e a descrição das irregularidades da superfície física (ou topográfica) terrestre a partir de técnicas e métodos topográficos, utilizando instrumentos ou equipamentos topográficos” (SEGANTINE, 2015).

A partir destes métodos são geradas as plantas topográficas, que consistem em desenhos representativos da superfície do terreno, o que permite o conhecimento do mesmo, dando base para execução de projetos e obras realizadas por engenheiros ou arquitetos.

Segundo Loch e Cordini, (2007):

Genericamente, o objetivo da Topografia é a obtenção da planta topográfica. Para tal, entretanto, é necessário a média de distância e ângulos. Necessário se faz, também, a determinação da orientação e de coordenadas topográficas (X, Y) de pontos, além da adoção de um sistema de projeção. A partir do conhecimento destas variáveis, é possível determinar e representar o contorno, a dimensão e a posição relativa de partes da superfície terrestre, com todos os detalhes necessários (LOCH e CORDINI, 2007).

O conhecimento detalhado de um terreno, tanto na fase do projeto, como na sua execução torna-se como base de qualquer projeto e obra da Engenharia Civil. Os métodos e os equipamentos adequados que permitem e asseguram uma correta implantação da obra.

A Geodésia (modelo que leva em consideração a curvatura da Terra) é a ciência que se ocupa das dimensões, forma, coordenadas dos pontos, comprimentos e direções de linha da superfície e variações da gravidade da Terra (MCCORMAC, 2016).

“Não se pode confundir Topografia com Geodésia, pois enquanto a Topografia tem por finalidade mapear uma pequena porção da superfície da terra, de 25 a 30 quilômetros de raio, a Geodésia tem por finalidade mapear grandes porções” (BORGES, 2013).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é a instituição responsável pelas atividades geodésicas. As ações são caracterizadas pela implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), sendo o SIRGAS2000, o Sistema Geodésico de Referência oficial do País.

Segundo a Resolução nº 1 do IBGE (2005), a adoção do SIRGAS2000 teve como propósito:

- Adotar o ITRS (*International Terrestrial Reference System* - Sistema de Referência Terrestre Internacional) como sistema geocêntrico de referência para a América do Sul;
- Estabelecer e manter uma rede de referência geodésica única para as Américas;
- Estabelecer e manter um *datum* geocêntrico único para as Américas.

A NBR13133 – Execução de levantamentos topográficos define Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) como:

Conjunto de pontos geodésicos descritores da superfície física da Terra, implantados e materializados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país, com vistas às finalidades de sua utilização, que vão desde o atendimento a projetos internacionais de cunho científico, passando pelas amarrações e controles de trabalhos geodésicos e cartográficos, até o apoio aos levantamentos no horizonte topográfico, onde prevalecem os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra. Estes pontos são determinados por procedimentos operacionais associados a um sistema de coordenadas geodésicas, calculadas segundo modelos geodésicos de precisão, compatíveis com as finalidades a que se destinam, tendo como imagem geométrica da Terra o Elipsóide de Referência Internacional de 1967. Como este elipsóide é o mesmo que o adotado no sistema de representação cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator) pela Cartografia Brasileira, há uma correspondência matemática biunívoca entre as coordenadas geodésicas dos pontos do SGB e as suas homólogas plano-retangulares nos sistemas parciais UTM, o que vem a facilitar as amarrações e os controles dos levantamentos cartográficos e topográficos com o emprego das coordenadas UTM, por serem estas planas, enquanto aquelas arcos de meridianos e paralelos (ABNT, 1994).

3.2 Levantamentos topográficos

A Norma Brasileira NBR13133 – Execução de levantamentos topográficos, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994), 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. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados (ABNT, 1994).

Conforme a NBR 13133 (1994), levantamento topográfico planimétrico é:

Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos

materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações (ABNT, 1994).

Segundo a NBR 13133 (1994), levantamento topográfico altimétrico é:

Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada (ABNT, 1994).

O levantamento topográfico planialtimétrico é o levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural (ABNT, 1994).

O levantamento planialtimétrico é a junção do levantamento planimétrico, em função das coordenadas planas “x” e “y” (ângulos) com a altimetria do terreno em função da coordenada “z” (diferença de nível ou distância vertical).

Este tipo de levantamento fornece todos os dados necessários para elaboração de projetos, permitem obter a posição relativa, as dimensões e a altimetria do terreno.

A definição de levantamento topográfico planimétrico cadastral pela NBR 13133 (1994), é a seguinte:

Levantamento planimétrico acrescido da determinação planimétrica da posição de certos detalhes visíveis ao nível e acima do solo e de interesse à sua finalidade, tais como: limites de vegetação ou de culturas, cercas internas, edificações, benfeitorias, posteamentos, barrancos, árvores isoladas, valos, valas, drenagem natural e artificial, etc. Estes detalhes devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução (ABNT, 1994).

3.3 Equipamentos

3.3.1 GPS

É um sistema global de posicionamento (GPS ou *Global Positioning System*), o qual possui tecnologia avançada que pode apresentar uma precisão significativa, além das funções que facilitam o trabalho do dia a dia dos profissionais. O sistema é composto por satélites que permitem a localização de um ponto com precisão variada na superfície terrestre em tempo real, podendo variar de milímetros a metros.

Com o GPS os pontos podem ser localizados rápida e exatamente sobre a Terra pela medição de distâncias para satélites artificiais. Você pode ficar bastante surpreso em saber que a localização de pontos sobre a terra e a distância entre esses pontos, sejam pequenas ou longas, podem ser determinadas com exatidão igual, ou melhor, pela medição de distâncias para satélites a milhares de quilômetros afastados no espaço, em vez de usar as técnicas convencionais diretas sobre a Terra onde os pontos estão localizados (MCCORMAC, 2016).

“O GPS é um sistema espacial que proporciona a posição espacial, a velocidade e a disseminação do tempo num sistema padrão, a qualquer instante, em qualquer ponto nas proximidades da Terra e independente das condições meteorológicas” (TONIOLO, CONCEIÇÃO e SANTOS, 2013).

Existem várias constelações de satélites artificiais de posicionamento, sendo que as mais utilizadas são o sistema GPS o qual é uma tecnologia americana, o sistema GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) que consiste em uma tecnologia russa, e GALILEO que é o sistema da União Europeia.

3.3.2 Estação Total

A Estação Total é um equipamento muito utilizado em levantamentos topográficos e locação de obras civis. Se popularizou a partir da década de 80 e foi se tornando cada vez mais sofisticada, proporcionando velocidade e exatidão nos trabalhos de campo (TONIOLO, CONCEIÇÃO e SANTOS, 2013).

É um aparelho que mede ângulos verticais e horizontais e distâncias inclinadas. Contém um microprocessador que calcula as componentes verticais e horizontais das distâncias inclinadas, as cotas e coordenadas dos pontos observados. Composta por um tripé para ser posicionado no campo, um prisma (refletor de sinais) e um bastão para ser posicionado no ponto a ser medido.

Estação Total Eletrônica é um complemento do teodolito eletrônico, porque além de fornecer as leituras dos círculos horizontais e verticais automaticamente, também lê a distância direta, já que é também um distanciômetro. O único trabalho do operador é atingir os alvos (refletores) a ré e a vante e apertar os botões correspondentes. O aparelho fornece então as leituras dos círculos e as distâncias. Esses valores podem aparecer no visor do aparelho para anotação na caderneta ou podem ir diretos para um disquete, que envia os dados para a programação de cálculo “software” (BORGES, 2013).

3.4 Erros

O objetivo do profissional é realizar medições que sejam precisas, mas podem ocorrer erros, mesmo que pequenos. É relevante ter o conhecimento de sua existência e qual sua ordem de grandeza, podendo julgar o que é mais adequado a cada situação para minimizar os mesmos.

Os erros relacionados às medições de topografia são classificados como sistemáticos, acidentais e grosseiros, todos esses com fontes de erros operacionais, instrumentais e naturais (MCCORMAC, 2016).

Os erros sistemáticos são aqueles que se encontram em condições constantes, ocorre em decorrência de má calibração do equipamento utilizado, manuseio do operador e condições do ambiente (MCCORMAC, 2016).

Os erros acidentais são aqueles que estão fora do controle do operador, que não podem ser previstos e de natureza desconhecida. E por fim, os erros grosseiros são aqueles causados por falta de atenção do topógrafo, provocados por falhas do observador (MCCORMAC, 2016).

Segundo McCormac (2016) as fontes desses erros podem ser classificadas como:

- Operacionais: são erros causados pela falta de cuidado do operador, como ponto visado errado, mau nivelamento do aparelho, erro na leitura e anotação dos dados na caderneta de campo, aparelho fora de prumo e fora de nível;
- Instrumentais: são aqueles ocasionados por defeitos ou imperfeições dos instrumentos ou aparelhos utilizados nas medições;
- Naturais: são aqueles ocasionados por fatores ambientais, como temperatura, vento, umidade, entre outros.

Todos estes erros mencionados acima podem influenciar na precisão dos levantamentos com os dois tipos de métodos: o Sistemas de Navegação Global por Satélite / Real Time Kinematic (GNSS/RTK) e a Taqueometria.

Conforme McCormac (2016) os principais erros que provocam a redução da precisão do sistema de GNSS são:

- Erros de relógio: erros de tempo devido a incorreções nos relógios do satélite e do receptor, bem como efeitos de relatividade, podem resultar em discrepâncias posicionais de metros;
- Erros da ionosfera: um dos erros mais significativos nas medições de pseudo-alcance resulta da passagem do sinal do satélite através da ionosfera terrestre, cujas condições variam de acordo com a hora do dia, atividade solar, entre outros fatores;
- Multicaminhamento: erros na medição do pseudo-alcance resultam da reflexão e refração do sinal de satélite por objetos e solo perto do receptor;
- Erros de efemérides: apesar das órbitas dos satélites serem bastante estáveis e previsíveis, existem algumas perturbações causadas pelos efeitos gravitacionais da Terra e da Lua e pela pressão da radiação solar;

- Erros dos receptores: esses erros em geral se dão em função da imperfeição dos relógios e da presença de ruído interno;
- Erros de montagem: erros causados pela centragem imperfeita da antena do receptor sobre os pontos e pela medição imperfeita da altura da mesma.

De acordo com McCormac (2016), os principais erros que causam a diminuição da precisão do método de Taqueometria são:

- Leitura na mira: como leituras incorretas, troca de números;
- Leitura de ângulos: ocorre quando se faz a leitura de forma errada, por falha ou falta de experiência do operador;
- Troca do ponto de mudança: alteração do ponto a ser visado;
- Anotações de campo: registro de valores incorretos;
- Verticalidade: ocorre devido a inclinação para um lado ou para outro do bastão;
- Assentamento da mira: quando os pontos não são definidos e firmes;
- Bolha do nível não centrada: o instrumento pode não estar nivelado ou ajustado adequadamente;

3.5 Método GNSS/RTK

A sigla GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é uma denominação genérica que abrange sistemas de navegação com cobertura global, além de uma série de infraestruturas espaciais e terrestres que, associadas aos sistemas, proporcionam maior precisão e confiabilidade (INCRA-INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 2013).

O GNSS faz referência a qualquer sistema de posicionamento global de satélite, ou seja, GPS (tecnologia americana), GLONASS (tecnologia russa) e GALILEO (tecnologia da união europeia).

Segundo Segantine (2015), o objetivo do GNSS é garantir a melhoria na geometria, disponibilidade para todas as regiões do globo, integridade e confiança aos usuários.

O sistema GNSS/RTK (*Real Time Kinematic*) é a ação em tempo real, pois permite a correção imediata das observações. As informações são tratadas simultaneamente com o momento do levantamento dos dados (MELO *et al.*, 2011).

A técnica RTK é destinada ao posicionamento de alta precisão. A base fixa deve ser preparada com um receptor GPS e um rádio de transmissão. Por meio de programas computacionais específicos, ela gera correções diferenciais e as transmite via rádio para uma estação móvel, que se utiliza destas informações para determinar sua posição com precisão (TONIOLO, CONCEIÇÃO e SANTOS, 2013).

O conceito de posicionamento pelo RTK (*Real Time Kinematic*) fundamenta-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites e proporciona o conhecimento em tempo real de coordenadas precisas dos vértices levantados. O posicionamento pode ser feito pelo método convencional ou em rede (INCRA-INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 2013).

No método convencional os dados de correção são transmitidos por meio de um link de rádio do receptor instalado no vértice de referência ao receptor que percorre os vértices de interesse. Um fator que limita a área de abrangência para a realização de levantamentos por esse método é o alcance de transmissão das ondas de rádio (INCRA-INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 2013).

No RTK em rede, ao invés de apenas uma estação de referência, existem várias estações de monitoramento contínuo conectadas a um servidor central, a partir do qual são distribuídos, por meio da Internet, os dados de correção aos receptores móveis (INCRA-INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 2013).

3.6 Método Taqueométrico

O conceito de taqueometria fundamenta-se em um método de medição rápido para a obtenção indireta da distância horizontal e diferença de nível.

Trata-se de um método de medição indireta de uma distância, a qual consiste em calcular uma distância a partir da medição de outras grandezas, para que assim seja possível calculá-la sem a necessidade de percorrer o alinhamento, para então compará-la com uma grandeza padrão (SEGANTINE, 2015).

O instrumento utilizado é a estação total provida de fios estadimétricos, que além de medir ângulos acumula, também, a função de medir oticamente as distâncias horizontais e verticais. São feitas as leituras processadas na mira com auxílio dos fios estadimétricos, bem como o ângulo de inclinação do terreno, lido no limbo vertical do aparelho (SEGANTINE, 2015).

3.7 Método da irradiação

O Levantamento por Irradiação é um dos métodos utilizados para levantamento de detalhes em pequenas superfícies relativamente planas, com boa visibilidade entre os limites do terreno (TONIOLO, CONCEIÇÃO e SANTOS, 2013).

Este método fundamenta-se na escolha de um ou diversos pontos, não necessariamente dentro do perímetro em que se deseja obter as coordenadas, sendo necessário medir os azimutes e distâncias.

A execução consiste na demarcação dos pontos da superfície a ser levantada, localização e escolha do ponto principal de onde deve ser possível avistar todos os outros, podendo ser dentro ou fora da superfície demarcada.

Em seguida, deve medir as distâncias e os ângulos entre os alinhamentos do ponto de Referência aos demais escolhidos ao longo da área demarcada. Com essas informações e por meio de relações trigonométricas, calcula-se as demais distâncias e ângulos necessários.

O método da irradiação não há controle de erros, porém é possível minimizar a partir do cuidado do operador com o equipamento (TONIOLO, CONCEIÇÃO e SANTOS, 2013).

Alguns cuidados que o operador deve ter com os equipamentos são:

- Nivelamento bem preciso, ajustando as pernas dos tripés e os calantes para que os níveis de bolhas permaneçam no centro, e conferir o nivelamento digital para verificar se o laser se encontra em cima do ponto escolhido;
- Conferir o nivelamento dos demais acessórios como o bastão telescópico com prisma, o nível da bolha precisa estar no centro;
- Evitar erro nas leituras e anotação de números trocados;
- Não expor os equipamentos a elevadas temperaturas, pois pode afetar a qualidade do levantamento;
- Guardar o equipamento de forma correta dentro da caixa, para evitar desgastes e manter a Estação Total calibrada e em bom estado por mais tempo;
- Evitar queda dos equipamentos;
- Transportar os equipamentos com cuidado e sempre com as caixas fechadas, nunca com os mesmos montados;
- Manutenção periódica preventiva, pois minimiza erros e garante a produtividade;
- Cuidado com a umidade.

3.8 Medição de Distâncias e Ângulos

3.8.1 Grandezas Angulares

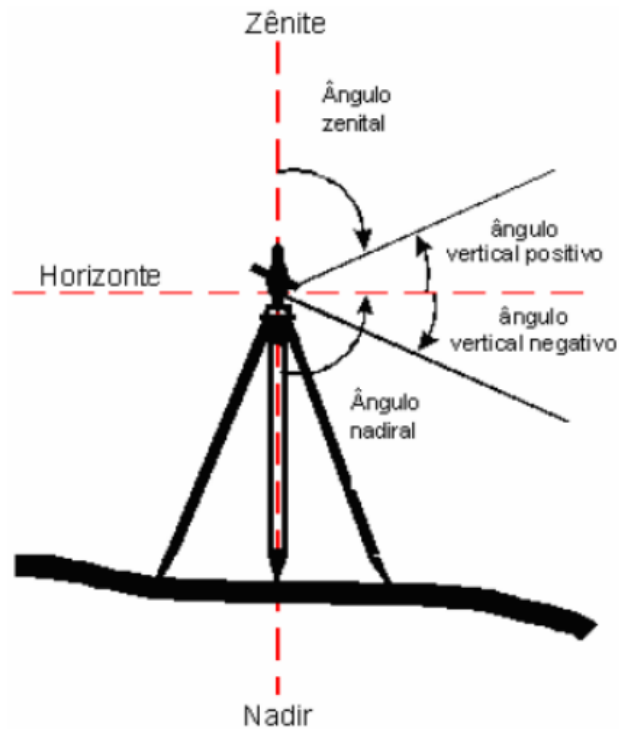
Ângulos Horizontais:

- Azimute: é o ângulo que parte do Norte do meridiano, variando de 0° a 360° , medidas em quatro quadrantes, em sentido horário;
- Rumos: é o menor alinhamento que o ângulo faz com o meridiano, podendo partir do Norte ou do Sul, em sentido horário ou anti-horário, dependendo da direção mais próxima. Varia de 0° a 90° .
- Deflexão (δ): ângulo que parte de um alinhamento anterior para o seguinte em um vértice, podendo ter deflexão à direita ou deflexão à esquerda, dependendo do sentido verificado na trajetória.

Ângulos Verticais:

- Ângulo de inclinação: é formado pela linha de visada de um equipamento, podendo ser ascendente se estiver acima da linha de visada ou descendente, se estiver abaixo da linha de visada.
- Ângulo zenital: é medido a partir de um ponto na horizontal traçando uma reta imaginária na vertical, variando de 0° a 90° .
- Ângulo nadiral: é o ângulo que parte da linha do Nadir, até a direção escolhida, onde Nadir é o ponto inferior da esfera celeste, diretamente oposto ao zênite.

Figura 1 – Representação dos ângulos.



Fonte: UFC, 2011.

3.8.2 Medições de distâncias indiretas

Segundo Segantine, (2015):

Dá-se o nome de medição indireta de uma distância ao método de medição que consiste em calcular uma distância a partir da medição de outras grandezas, que permitam calculá-la sem a necessidade de percorrer o alinhamento para compará-la com uma grandeza padrão (SEGANTINE, 2015).

“A este método de medição dá-se o nome de Taqueometria ou Taquimetria, que significam medições rápidas e são derivadas do grego *takhys* (rápido) e *metren* (medição)” (SEGANTINE, 2015).

Existem três métodos de medição que são destacados: medição ótica que se baseia no conceito de semelhança de triângulos, medição eletrônica e medição com GNSS. Neste trabalho foram utilizadas as medições eletrônicas e GNSS.

3.8.3 Método de medições de distâncias com o sistema GNSS

De acordo com Segantine, (2015):

O princípio de funcionamento básico dos sistemas de posicionamentos por satélites é gerar coordenadas de pontos. A partir destas coordenadas é possível calcular a distância entre os pontos medidos. A distância gerada a partir deste princípio é um vetor relativo entre as antenas receptoras, transportada para os pontos topográficos no terreno (SEGANTINE, 2015).

A precisão alcançada por este método de medição de distâncias depende de alguns fatores, tais como o tipo de instrumento utilizado, o método de posicionamento dos pontos, das condições da geometria dos satélites no momento da coleta dos dados e das técnicas de processamento e ajustamento dos dados. Geralmente se atinge precisões superiores a $\pm (5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ (SEGANTINE, 2015).

3.9 Altimetria

A determinação da altitude ortométrica (H) também precisa ser determinada, juntamente com as coordenadas topográficas locais (X e Y) ou planas (E e N). Para os projetos de engenharia é através da altimetria que se consegue representar o relevo de um terreno.

Dá-se o nome de Altimetria à área da Geomática que estuda os métodos e os instrumentos utilizados para a determinação do relevo de um terreno. Ao conjunto de operações de campo realizadas para a determinação das altitudes, cotas ou diferenças de alturas entre pontos, dá-se o nome de levantamento altimétrico ou nivelamento (SEGANTINE, 2015).

Existem alguns métodos de nivelamento como nivelamento geométrico, trigonométrico, pela tecnologia GNSS e a laser.

3.9.1 Nivelamento trigonométrico

O princípio de medição baseia-se na observação direta ou indireta do tempo de deslocamento de um sinal transportado por uma onda eletromagnética. O anteparo pode ser um prisma ótico ou um anteparo natural (SEGANTINE, 2015).

Quando se utiliza um prisma ótico como anteparo, diz-se que se realiza uma medição com prisma e quando se utiliza um anteparo natural, diz-se que se realiza uma medição sem prisma (SEGANTINE, 2015).

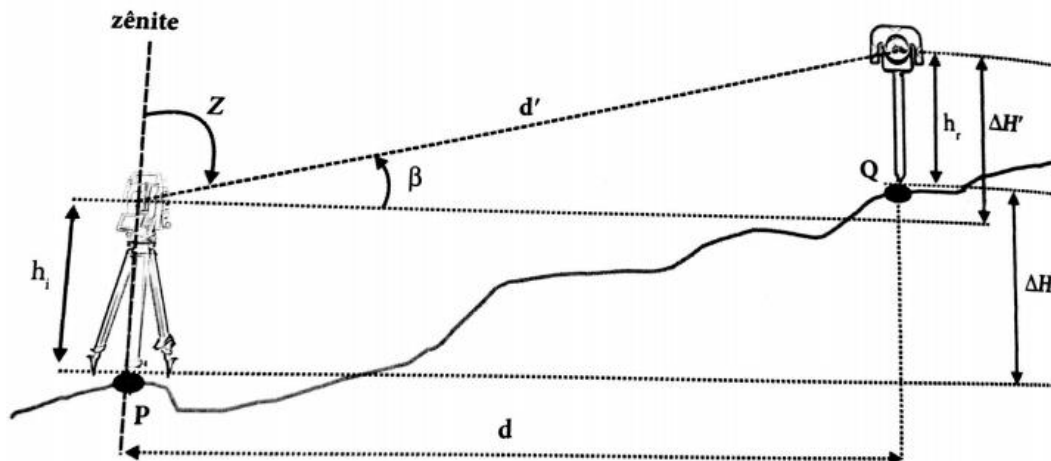
Segundo Borges (2013) as cotas obtidas através de taqueometria constituem o chamado nivelamento trigonométrico, que é menos preciso do que o nivelamento geométrico, porém mais rápido, principalmente nos levantamentos por irradiação.

Método de determinação da diferença de altitudes entre pontos a partir da medição da distância inclinada ou horizontal e do ângulo vertical de altura ou zenital entre eles.

De acordo com McCormac (2016):

- Distância inclinada: é a menor distância entre dois pontos da superfície terrestre situados em altitudes diferentes.
- Distância horizontal: é a menor distância entre dois pontos da superfície terrestre situados sobre o plano horizontal, sendo perpendicular a vertical do lugar de um dos pontos considerados.

Figura 2 – Elementos geométricos de um nivelamento trigonométrico.



Fonte: Segantine, 2015.

Com base na figura 2 definem-se os seguintes elementos geométricos:

- H_P é a altitude do ponto (P);
- H_Q é a altitude do ponto (Q);
- $\Delta H'$ é a distância vertical (ou componente trigonométrica) entre (P) e (Q);
- ΔH é a diferença de altitude entre (P) e (Q);
- d' é a distância inclinada entre (P) e (Q);
- d é a distância horizontal entre (P) e (Q);
- β é o ângulo vertical de altura medido com o instrumento;
- z é o ângulo vertical zenital medido com o instrumento;
- h_i é a altura do instrumento;
- h_r é a altura do refletor.

O procedimento de medição consiste em instalar a estação total sobre o ponto P, visar o prisma instalado sobre o ponto Q e medir o ângulo vertical de altura (β) ou o ângulo vertical zenital (z) e a distância inclinada (d').

O centro do instrumento encontra-se a uma altura (h_i) acima do ponto P e o centro do prisma a uma altura (h_r) acima do ponto Q. Portanto, tem-se as Equações 1 e 2:

$$\Delta H' = d' * \text{sen } \beta = d' * \text{cos } z \quad (1)$$

$$d = d' * \text{sen } z = d' * \text{cos } \beta \quad (2)$$

O valor do desnível (ΔH) entre P e Q é calculado de acordo com a Equação 3 abaixo.

$$\Delta H = h_i + \Delta H' - h_r = \Delta H' + (h_i - h_r) \quad (3)$$

Se a altitude de P ou de Q for conhecida, obtém-se a altitude do outro ponto utilizando-se as Equações 4 e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

$$H_Q = H_P + \Delta H_{PQ} \quad (4)$$

$$H_Q = H_P + h_i + \Delta H' - h_r$$

$$H_P = H_Q - \Delta H_{PQ} \quad (5)$$

$$H_P = H_Q - h_i - \Delta H' + h_r$$

As equações acima são gerais e válidas para quaisquer valores de (β) ou (z). Se for usado o ângulo (β) é preciso considerar o seu sinal algébrico (+) ou (-) para o cálculo da distância vertical ($\Delta H'$). Se for usado o ângulo (z), o valor da distância vertical já terá o sinal algébrico correspondente ao valor do ângulo (z).

Para calcular a diferença das distâncias horizontais (ΔDH) e inclinadas (ΔDI) foram empregadas as Equações 6 e 7.

$$\Delta DH = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (6)$$

$$\Delta DI = \sqrt{d^2 + \Delta z^2} \quad (7)$$

Onde:

ΔDH é a diferença da distância horizontal;

Δx é a diferença das coordenadas X;

Δy é a diferença das coordenadas Y;

ΔDI é a diferença da distância inclinada;

Δz é a diferença das cotas Z;

3.9.2 Nivelamento com a tecnologia GNSS

Segantine (2015) considera nivelamento com a tecnologia GNSS sendo:

Nivelamento realizado com o uso de antenas receptoras que captam sinais emitidos por satélites artificiais. Neste caso, os valores das alturas dos pontos considerados são obtidos a partir de um levantamento com a tecnologia GNSS em modo relativo (pós-processado ou RTK). As alturas obtidas para os pontos são denominadas de alturas geométricas ou elipsoidais (SEGANTINE, 2015).

O procedimento de campo consiste em instalar a antena receptora sobre um ponto de coordenadas (x, y, z) conhecidas e em seguida, mover a antena receptora do outro equipamento sobre os pontos cujas coordenadas pretende identificar (ABNT, 1994).

Os valores das alturas geométricas dos pontos são obtidos em função da altura geométrica do ponto de referência (SEGANTINE, 2015).

3.10 Estatística

Estatística é uma ciência que estuda a coleta, a apresentação, a análise e utiliza os dados para tomar decisões e tirar conclusões, resolver problemas e planejar produtos e processos. Os métodos estatísticos são usados para ajudar a entender a variabilidade (MONTGOMERY e RUNGER, 2012).

Estatística descritiva consiste em um conjunto de técnicas que objetivam descrever, analisar e interpretar os dados numéricos de uma população ou amostra (FONSECA e MARTINS, 2010).

A finalidade da Estatística descritiva é descrever uma amostra de dados por meio de medidas de posição, de dispersão, de assimetria, de curtose e da apresentação dos resultados em tabelas ou gráficos, sem fazer nenhuma inferência sobre a população dos dados (JÚNIOR, 2013).

3.10.1 Medidas de Posição

“As medidas de posição são estatísticas representativas da localização ou do posicionamento dos valores de uma amostra de dados” (JÚNIOR, 2013).

3.10.1.1 Média Aritmética

Segundo Júnior (2013) a média aritmética da amostra representa o ponto de equilíbrio da distribuição dos seus dados, calculada por:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (8)$$

Onde:

\bar{x} : média;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: valores dos dados;

n: número de elementos do conjunto de dados.

3.10.1.2 Mediana

A Mediana é o valor que divide a amostra em duas partes iguais, representa o valor central de um conjunto de dados. Para o cálculo da mediana, os dados devem ser ordenados, em ordem crescente (FONSECA e MARTINS, 2010).

Se n for ímpar, a mediana será o valor central do conjunto de dados. Se n for par a mediana será a média entre os dois valores centrais (FONSECA e MARTINS, 2010).

3.10.1.3 Moda

A Moda é o valor que ocorre com maior frequência, ou seja, aquele que mais se repete. A amostra de dados pode ser classificada em amodal (não possui moda), unimodal (possui apenas uma moda), bimodal (possui duas modas) ou multimodal (possui mais de duas modas) (JÚNIOR, 2013).

3.10.1.4 Quartis

Os quartis são as separatrizes que dividem o conjunto em 4 partes iguais. Assim, o primeiro quartil (Q_1) é o valor do conjunto que delimita os 25% menores valores. O segundo quartil (Q_2) é a própria mediana (Md), que separa os 50% menores dos 50% maiores valores. O terceiro quartil (Q_3) é o valor que delimita os 25% maiores valores (FONSECA e MARTINS, 2010).

Método da estatística usado a fim de avaliar o grau de espalhamento dos dados (dispersão).

Como são medidas baseadas na ordenação dos dados, primeiro é preciso calcular a posição dos quartis, conforme as Equações (9) e (10).

$$\text{Posição do primeiro quartil } (Q_1) = \frac{n}{4} \quad (9)$$

$$\text{Posição do terceiro quartil } (Q_3) = \frac{(3*n)}{4} \quad (10)$$

Após calcular a posição, identifica-se a classe Q_1 e Q_3 pela F_{ac} . Em seguida aplica-se a Equação (11) e (12).

$$Q_1 = l_{Q_1} + \frac{\left(\frac{n}{4} - \Sigma f\right) * h}{F_{Q_1}} \quad (11)$$

$$Q_3 = l_{Q_3} + \frac{\left(\frac{3n}{4} - \sum f\right) * h}{F_{Q_3}} \quad (12)$$

Onde:

l_{Q_1} : limite inferior da classe do primeiro quartil;

l_{Q_3} : limite inferior da classe do terceiro quartil;

n: número de elementos da tabela;

$\sum f$: somatório da frequência absoluta da classe do quartil;

h: amplitude do intervalo da classe mediana;

F_{Q_1} : frequência acumulada do primeiro quartil;

F_{Q_3} : frequência acumulada do terceiro quartil;

Uma medida de dispersão alternativa ao desvio padrão é a distância interquartil, definida como a diferença entre o terceiro e o primeiro quartis (BUSSAB e MORETTIN, 2013).

$$d_q = Q_3 - Q_1 \quad (13)$$

3.10.2 Medidas de Dispersão

Medidas de dispersão são parâmetros estatísticos usados para avaliar o grau de variabilidade dos valores de um conjunto de dados em torno da sua média (FONSECA e MARTINS, 2010).

3.10.2.1 Amplitude Total

Conforme Júnior (2013) amplitude é a diferença entre o maior e o menor valores de um conjunto de dados, conforme a Equação (14).

$$A = Máx. - Mín. \quad (14)$$

“Além de mostrar o maior desvio, é utilizada na avaliação preliminar dos dados, verificando-se a possibilidade de possíveis erros nas coletas destes ou nas digitações, já que as variáveis respostas podem apresentar extremos conhecidos” (JÚNIOR, 2013).

3.10.2.2 Variância

A variância da amostra determina a variação dos seus valores em torno da média. É obtida pela soma de quadrados dos desvios de cada valor x_1, x_2, \dots, x_n em relação à média

da amostra, dividida pelo número de graus de liberdade. Desse modo, a variância da amostra é a média dos n-1 desvios quadráticos e independentes (JÚNIOR, 2013).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}{n-1} \quad (15)$$

Sendo:

S^2 : variância;

\sum : símbolo de somatório indica que temos que somar todos os termos, desde a primeira posição (i=1) até a posição n;

x_i : valor na posição i no conjunto de dados;

\bar{x} : média aritmética dos dados;

n: quantidade de dados.

3.10.2.3 Desvio-Padrão

O desvio-padrão do conjunto de dados é definido como a raiz quadrada positiva da variância da amostra, medida que expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados (JÚNIOR, 2013).

O desvio-padrão (S) é calculado usando a Equação (16).

$$S = \sqrt{S^2} \quad (16)$$

O desvio-padrão (S) representa a média dos desvios absolutos de cada valor x_1, x_2, \dots, x_n em relação à \bar{x} . Uma amostra com valores próximos uns dos outros possui S baixo, e valores muito afastados entre si, possui S alto (JÚNIOR, 2013).

“No entanto, para duas amostras com médias diferentes, o menor S pode não indicar menor variação dos dados em relação à outra amostra, em razão de este poder estar associado a uma média menor que a da outra amostra” (JÚNIOR, 2013).

3.10.2.4 Coeficiente de Variância

O coeficiente de variância é uma medida relativa de dispersão útil para a comparação em termos relativos do grau de concentração em torno da média de séries distintas (FONSECA e MARTINS, 2010).

O coeficiente de variação da amostra é representado em porcentagem, obtido conforme a Equação (17).

$$CV (\%) = 100 * \frac{S}{\bar{x}} \quad (17)$$

3.10.3 Gráfico de Dispersão

Os gráficos de dispersão são representações de dados de duas ou mais variáveis que são organizadas em um gráfico, que utilizam coordenadas cartesianas para exibir valores de um conjunto de dados.

É um gráfico de dados emparelhados de duas variáveis resposta X_1 e X_2 , com um eixo x horizontal e um eixo y vertical, sendo a marcação dos pontos correspondentes aos pares de valores x_1 e x_2 de cada elemento amostral. A dispersão dos pontos pode mostrar se existe algum relacionamento entre as duas variáveis-resposta (JÚNIOR, 2013).

O gráfico de dispersão é usado para verificar se existe relação de causa e efeito entre duas variáveis de natureza quantitativa, isto não prova que uma variável afeta outra variável, mas determina se existe relação e qual a intensidade da relação entre elas.

De modo frequente essa relação parte de uma variável independente e uma variável dependente da primeira. As variáveis independentes são as causas, as razões e as variáveis dependentes são os efeitos, as consequências.

O coeficiente de correlação linear mede a intensidade que se manifesta uma relação linear entre duas variáveis aleatórias, sendo um número adimensional, que varia entre -1 e 1 (JÚNIOR, 2013).

Essa correlação pode ser de três tipos:

- Positiva: ocorre quando há uma grande concentração dos pontos em torno de uma reta imaginária, em tendência crescente, ou seja, conforme a variável independente aumenta, a dependente também aumenta.
- Negativa: ocorre quando há uma grande concentração dos pontos em tendência decrescente, ou seja, conforme a variável independente aumenta, a variável dependente diminui.
- Nula: ocorre quando os pontos não seguem uma tendência positiva nem negativa, há uma dispersão entre os pontos. Isso significa que não há correlação aparente entre as variáveis.

Para este tipo de gráfico, a correlação pode ser determinada em:

- Forte: quanto maior a correlação entre as variáveis, maior será a proximidade dos pontos, ou seja, estarão menos dispersos;

- Fraca: quanto menor a correlação entre as variáveis, mais dispersos estarão os pontos.

3.10.4 Regressão linear

Regressão linear simples consiste em descrever uma relação funcional entre duas variáveis por meio de um modelo linear, com base em n pares de valores observados. É útil para estimar os valores de uma variável-resposta, dependente (Y) quando se conhecem os valores da variável independente (X), com a qual se relaciona (JÚNIOR, 2013).

Na regressão linear simples há uma variável independente e uma variável dependente. Esse conceito ajuda a definir se a variável independente interfere (ou não) a explicar o comportamento da variável dependente.

A relação linear de Y em função de X, está representada na Equação 18.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (12)$$

Onde:

y_i : valor observado de Y na observação i ($i = 1, 2, \dots, n$);

β_0 : constante de regressão (intercepto da equação de regressão com o eixo y);

β_1 : coeficiente de regressão (variação de Y em função da variação de uma unidade em X);

x_i : valor de X na observação i ; e

ε_1 : erro da regressão associado ao valor observado y_i .

O erro da regressão na observação i (ε_1) manifesta-se pela diferença entre valor observado y_i e a média μ_{y_i} ($\beta_0 + \beta_1 x_i$), que depende de x_i .

Primeiramente, obtém as estimativas dos parâmetros β_0 e β_1 , a partir de uma amostra de n pares de valores (x_i e y_i). A equação de regressão é ajustada adotando parâmetros com valores que minimizam a soma de quadrados dos erros, conforme a Equação (19).

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \quad (12)$$

A soma dos quadrados pode ser obtida por meio das Equações (20), (e (22.

$$SQ_{Total} = Y'Y - C$$

$$SQ_{Total} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - C \quad (12)$$

$$SQReg = \hat{\beta}'X'Y - C \quad (12)$$

$$SQReg = \widehat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n y_i + \widehat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i y_i - C$$

$$SQRes = SQTotal - SQReg \quad (12)$$

Onde,

$$C = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}; e$$

n: número total de pares de observações.

O coeficiente de determinação (R^2) mede o quanto a variável dependente é explicada pela variável independente por meio da equação de regressão ajustada. O R^2 é obtido pela equação (23).

$$R^2 = \frac{SQReg}{SQTotal}, 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (12)$$

O R^2 fornece uma informação adicional para verificar se o modelo proposto é adequado ou não para estudar a variável dependente.

Quanto mais próximo da unidade estiver o valor do R^2 , melhor será a qualidade de ajuste do modelo de regressão aos pontos plotados no diagrama de dispersão (JÚNIOR, 2013).

Quando a correlação é forte, significa mais próximo de 1, a equação de regressão modela os dados com precisão. Quanto maior o valor R^2 , maior será a precisão da equação de regressão para modelar seus dados (MINITAB, 2019).

3.10.5 Box Plot

Segundo Bussab e Morettin (2013):

“O box plot dá uma ideia da posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes. A posição central é dada pela mediana e a dispersão por d_q . As posições relativas de Q_1 , Q_2 e Q_3 dão uma noção da assimetria da distribuição. Os comprimentos das caudas são dados pelas linhas que vão do retângulo aos valores remotos e pelos valores atípicos” (BUSSAB e MORETTIN, 2013).

“O diagrama de caixa é uma apresentação gráfica que descreve simultaneamente várias características importantes de um conjunto de dados, tais como centro, dispersão, desvio da simetria e identificação das observações não usuais ou *outliers*” (MONTGOMERY e RUNGER, 2012).

Um diagrama de caixa apresenta três quartis, o mínimo e o máximo do conjunto de dados em uma caixa retangular, alinhados verticalmente. A caixa inclui a faixa de interquartil, com o canto inferior no primeiro quartil (Q_1), e canto superior no terceiro quartil (Q_3). Uma linha é desenhada, através da caixa, na mediana. Uma linha se estende de cada extremidade da caixa (MONTGOMERY e RUNGER, 2012).

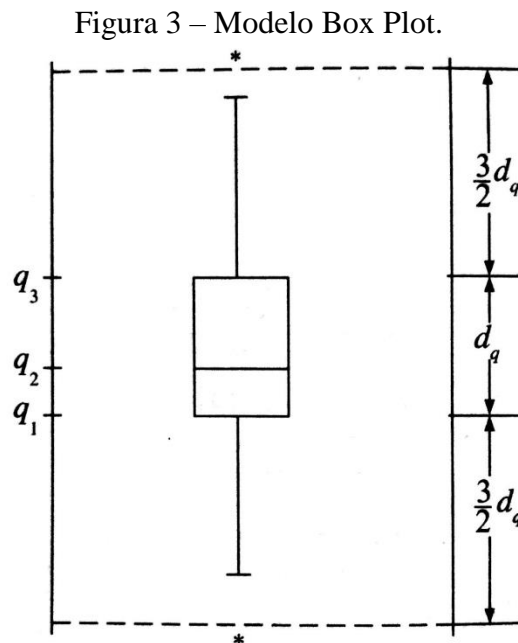
Segundo Bussab e Morettin (2013) a partir do retângulo, para cima, segue uma linha até o ponto mais remoto que não exceda o limite superior. E da parte inferior do retângulo, para baixo, segue uma linha até o ponto mais remoto que não seja menor do que o limite inferior, conforme mostra as Equações (24 e (25.

$$LS = Q_3 + (1,5 * d_q) \quad (9)$$

$$LI = Q_1 - (1,5 * d_q) \quad (10)$$

Os valores compreendidos acima do limite superior ou abaixo do limite inferior estabelecidos serão chamados de pontos exteriores ou *outliers* ou valores atípicos (BUSSAB e MORETTIN, 2013).

Na Figura 3 é representado um exemplo do gráfico em formato de um Box Plot.



Fonte: Bussab e Morettin, 2013.

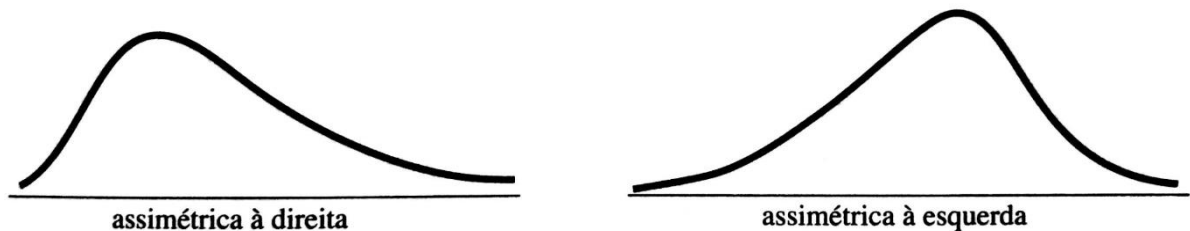
A altura do retângulo do Box-Plot é definida pelos quartis Q_1 e Q_3 . A linha que secciona o retângulo representa o valor da mediana ou quartil Q_2 . As semirretas ligam respectivamente os quartis Q_1 e Q_3 ao valor mínimo e ao máximo do conjunto de dados.

A linha da mediana representa o centro da distribuição e a amplitude do gráfico representa a dispersão, a qual pode ser obtida pela diferença do máximo valor e mínimo valor. Sendo assim, quanto maior for a amplitude, maior a variação nos dados.

A posição da linha da mediana no retângulo informa sobre a assimetria da distribuição. Caso a mediana se encontra no centro do retângulo, os dados são simétricos.

Se a mediana é próxima de Q1, os dados são positivamente assimétricos, significa que os mesmos serão assimétricos à direita. E se a mediana é próxima de Q3, os dados são negativamente assimétricos, sendo assim assimétricos à esquerda (BUSSAB e MORETTIN, 2013).

Figura 4 – Distribuições assimétricas.



Fonte: Bussab e Morettin, 2013.

Os diagramas de caixa são muito úteis em comparações gráficas entre conjuntos de dados, uma vez que têm alto impacto visual e são fáceis de entender (MONTGOMERY e RUNGER, 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinado fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis (YIN, 2001). O objetivo desse tipo de pesquisa é estudar as características de um grupo, descobrir a existência de associações entre as variáveis analisadas e determinar a natureza dessa relação (YIN, 2001).

A metodologia utilizada neste trabalho trata-se de um estudo de caso em um levantamento, conforme definido por Gil (2008), que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

O processo de coleta de dados no estudo de caso é mais complexo que o de outras modalidades de pesquisa, pois no estudo de caso utiliza-se sempre mais de uma técnica. Os resultados obtidos devem ser provenientes da convergência ou da divergência das observações obtidas de diferentes métodos (YIN, 2001).

O estudo de caso baseou-se no método *survey*, o qual consiste em uma investigação quantitativa. Ela pode ser definida como uma forma de coletar dados e informações a partir de características de grupos de indivíduos (OPUS, 2018).

A partir dessas informações e, com base no levantamento topográfico planialtimétrico executado em uma área do IFMG *Campus* Avançado Piumhi, foram analisadas as diferenças dos dados obtidos pelos dois métodos aplicados.

Os métodos empregados para a execução do levantamento topográfico foram o sistema GNSS/RTK e Taqueometria pelo método de irradiação, realizado a partir do marco geodésico não homologado existente no IFMG *Campus* Avançado Piumhi, o qual possui coordenada E (X) de 400.134,818 metros, coordenada N (Y) de 7.737.491,088 metros e altura geométrica (Z) de 823,74 metros, conforme o Anexo A.

Como a Estação A é conhecida como posicionamento por ponto preciso, as coordenadas do vértice de interesse são determinadas de forma absoluta, com isso, dispensa o uso de receptor instalado sobre um vértice de coordenadas conhecidas, conforme mostra o relatório do Anexo A.

As atividades de campo foram desenvolvidas com o suporte e acompanhamento de um profissional da empresa GFAGro Topografia, a qual realiza levantamentos topográficos em áreas urbanas e rurais, com as mais diferentes características de relevo, tamanho e obstáculos como vegetação e construções e cedeu seus equipamentos para a execução dos trabalhos.

O procedimento experimental consistiu na realização do levantamento com os dois equipamentos, o GPS e a Estação Total. Após os levantamentos em campo foram realizados os processamentos dos bancos de dados.

Os dados processados foram exportados para gerar as plantas topográficas, que são utilizadas para a execução dos projetos arquitetônicos e/ou construtivos.

Ao longo da realização dos levantamentos, os tempos de execução de cada etapa e o tempo total do trabalho foram cronometrados, possibilitando a comparação da produtividade entre os dois métodos.

Posteriormente, com os dados processados de cada equipamento, pode-se analisar as plantas de locação, vendo a quantidade de pontos e precisão, comparando-se os dois métodos. Os pontos foram coletados por irradiação, tendo sido materializado o total de 23 pontos na área definida. Os pontos escolhidos foram materializados em campo e obteve-se imagens da área do estudo com o drone DJI Phantom 4.

As estratégias para escolher os pontos foram determinadas com base:

- Nas visadas do ponto fixo escolhido, por ser um ponto reconhecido e de onde se tem visão para os demais;
- Nos taludes, para analisar as diferenças de níveis maiores; e
- Nas quinas do prédio para avaliar a precisão dos equipamentos, devido ao tamanho dos mesmos.

Os piquetes foram inseridos no terreno e pintados com tinta vermelha no topo. Colocaram-se ao lado dos piquetes as estacas para uma melhor localização dos mesmos e pregos no meio do piquete para uma melhor precisão, conforme Figura 5.

Figura 5 – Estacas e piquetes.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

4.1 Materiais utilizados

4.1.1 GPS

O aparelho de posicionamento global por satélite (GPS) utilizado foi o STONEX S8 plus – RTK, como mostrado nas Figura 6 e Figura 7.

Figura 6 – STONEX S8 plus – RTK.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Figura 7 – GPS e coletora STONEX S4 series.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

O equipamento da marca STONEX em questão possui os instrumentos móveis ROVER (Receptor) e a coletora STONEX S4 series. A base fixa do mesmo é composta de um GPS S8 plus, um rádio externo de transmissão UHF e uma bateria, como mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Base, rádio de transmissão, bateria.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Os dados ficam armazenados na coletora, através de um cartão de memória, onde são salvas as iterações de captura, para depois serem transferidos para um computador a fim de executar o pós-processamento no programa.

4.1.2 Estação Total e acessórios

Para o levantamento topográfico, no método Taqueométrico, utilizou-se a estação total RTS-822R³ da marca RUIDE, tripé, bastão telescópico com prisma, trena, marreta, piquetes, estacas, pregos, prancheta de campo e tinta.

Figura 9 – Estação total RTS-822R³.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Figura 10 – Estação total RTS-822R³.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

5 ESTUDO DE CASO

O local de estudo está localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Minas Gerais, *Campus Avançado Piumhi*, conforme Figura 11.

Figura 11 – Local da pesquisa, IFMG.

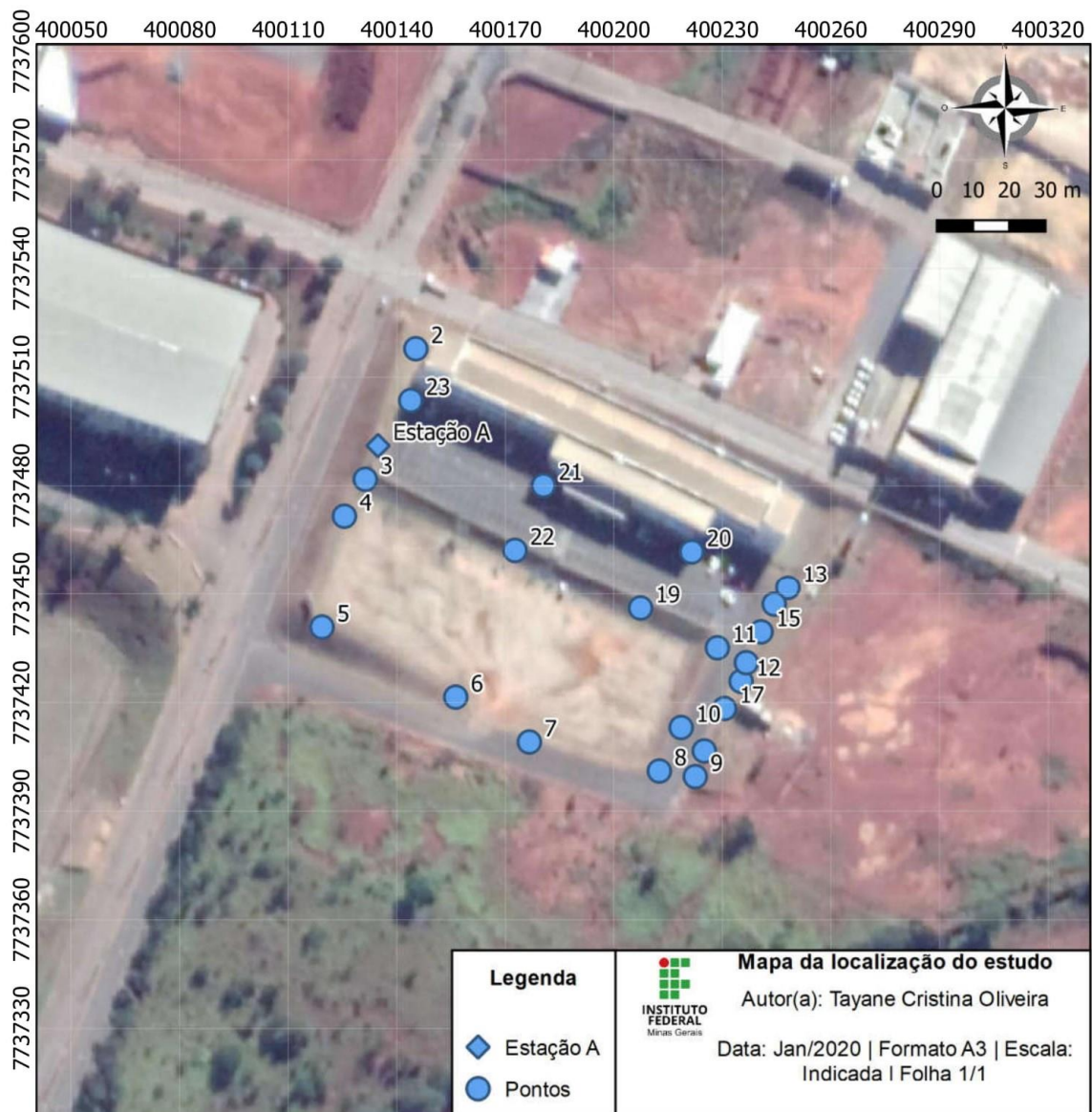


Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Os pontos escolhidos no local de estudo estão demonstrados na Figura 12. O *software* Qgis 3.4 foi utilizado para gerar o mapa do local, conforme Apêndice A.

O *software* Qgis 3.4 é uma multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

Figura 12 – Representação dos pontos no local de estudo.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A área foi escolhida pelos seguintes fatores: local de fácil acesso, terreno limpo, o que facilita a visualização das estacas e por ser uma área aberta, onde a possibilidade da recepção dos satélites da constelação GNSS é maior.

5.1 Levantamentos topográficos

5.1.1 Levantamento topográfico com sistema GNSS/RTK

Instalou-se a Base sobre o marco geodésico disponibilizado pelo IFMG, em que as coordenadas (X, Y) e cota (Z) são conhecidas, sendo elas norte (N) 7.737.791,088 m, leste

(E) 400.134,818 m e cota 823,74 m, chamada de Estação A, conforme as informações do Anexo A.

A Estação A tornou-se referência para todo o levantamento, devido o mesmo ser conhecido e por esse ponto ter visão para todos os outros escolhidos. Em campo foram obtidos 23 pontos e o tempo total de levantamento neste método foi de 16 minutos e 38 segundos.

5.1.2 Levantamento topográfico com Taqueometria

A estação total foi montada e nivelada tendo como referência o mesmo marco geodésico, chamado de Estação A, de onde todos os outros pontos foram visados por meio deste. A determinação do norte verdadeiro foi obtida utilizando o sistema GPS por um referencial fixo conhecido no qual obteve o conhecimento de outro ponto e a partir disso obteve-se o norte magnético.

O levantamento foi realizado pelo método de irradiação, no qual teve um total de 23 pontos e o tempo total, com a Estação Total, foi de 55 minutos e 50 segundos.

5.2 Processamento dos dados

5.2.1 Processamento dos dados com sistema GNSS/RTK

O *software* utilizado para o processamento de dados pelo aparelho RTK foi o GNSS Solutions. Após o processamento exportou-se os dados dos pontos coletados para o formato DWG. Foram geradas as plantas de locação do terreno, as quais contêm as tabelas com as coordenadas dos pontos coletados e estão apresentadas no Apêndice B.

5.2.2 Processamento dos dados com Taqueometria

Os dados coletados com o equipamento Estação Total foram processados com o *software* DataGeosis e as coordenadas UTM de cada ponto foram calculadas utilizando o sistema de referência SIRGAS2000.

A caderneta utilizada em campo encontra-se no apêndice D, que também foi utilizada para calcular as coordenadas e altitudes dos pontos, calculadas conforme o item 3.9.1.

Após o processamento dos dados, foram geradas as plantas de locação da área, as quais contêm as tabelas com os dados das coordenadas e altitudes dos pontos coletados, apresentadas no Apêndice C.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise de resultados foi feita com base na estatística descritiva que consiste em técnicas que objetivam descrever, analisar e interpretar os dados numéricos de um conjunto de dados.

Os meios estatísticos utilizados para representar as informações sobre o comportamento das variáveis foram as tabelas e gráficos, todas desenvolvidas no *software* Excel.

Para a comparação entre os dois métodos, os dados obtidos foram inseridos em uma planta de locação conforme o Apêndice E, e a planilha com todos os dados obtidos para tal comparação se encontra no Apêndice F. Os conceitos e as equações utilizadas para o preenchimento das colunas desta planilha foram descritos na revisão bibliográfica.

As colunas da planilha estão divididas em ponto visado, descrição do ponto, coordenada L (X), coordenada N (Y), cota (Z) para os dois métodos, diferença do método GNSS/RTK com Taqueometria e por fim, a diferença da distância inclinada e horizontal.

As coordenadas totais e as cotas foram retiradas dos dados do processamento de cada método, no qual foram realizados 1 repetição, a diferença foi encontrada com os dados do GNSS/RTK subtraindo os dados obtidos com o método de Taqueometria.

A diferença da distância horizontal (ΔDH) e da distância inclinada (ΔDI) foram obtidas pelas equações 6 e 7.

Para realizar a análise dos resultados calculou-se a média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo, 1º quartil e 3º quartil da diferença das coordenadas X, Y e Z, e da diferença das distâncias horizontais (ΔDH) e inclinadas (ΔDI), conforme a Tabela 1.

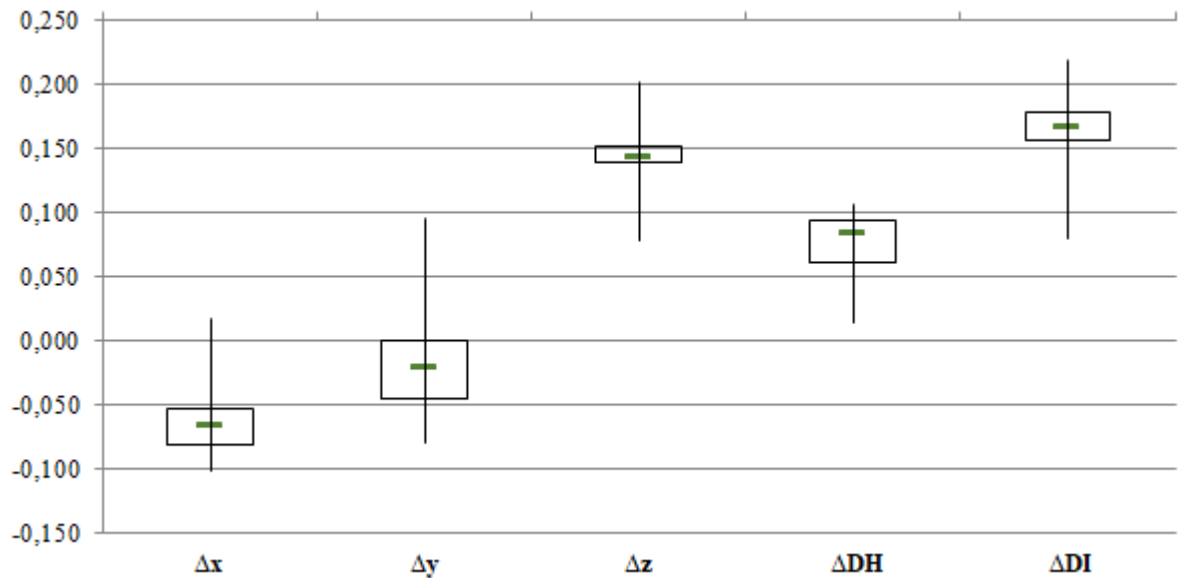
Tabela 1 – Dados Box Plot.

	Δx	Δy	Δz	ΔDH	ΔDI
Mediana	-0,066	-0,021	0,144	0,084	0,167
Máximo	0,017	0,095	0,202	0,107	0,218
3º Quartil	-0,053	0,000	0,152	0,093	0,179
1º Quartil	-0,081	-0,045	0,140	0,061	0,157
Mínimo	-0,101	-0,079	0,078	0,013	0,080
Amplitude	0,118	0,174	0,124	0,093	0,139

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Com isso foi possível obter o gráfico do modelo Box Plot dessas variáveis, conforme mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Box Plot.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Os dados da diferença das coordenadas X (Δx), Y (Δy), Z (Δz) e da distância inclinada (ΔDI) se encontram em uma distribuição simétrica, pois a linha da mediana se encontra no centro do retângulo.

Os dados da diferença da distância horizontal (ΔDH) são negativamente assimétricos, devido a mediana de 0,084 m ser próxima do terceiro quartil Q3 de 0,093 m. Sendo a variável que se encontra com o menor valor de amplitude de 0,093 m, portanto apresenta uma menor variação dos dados. O terceiro quartil delimita os 25% maiores valores, o que significa que para a variável (ΔDH) esses 25 % estão bem próximos da mediana.

A diferença das coordenadas Y (Δy) foi onde ocorreu a maior variação dos dados, devido a sua amplitude ser a maior no valor de 0,174 m, sendo a diferença entre o valor máximo e mínimo, como mostra a equação 12. Devido esse valor ser mais alto que das outras variáveis supõe-se que o nivelamento de algum ponto não ficou conforme o esperado ou teve algum erro na anotação de dados.

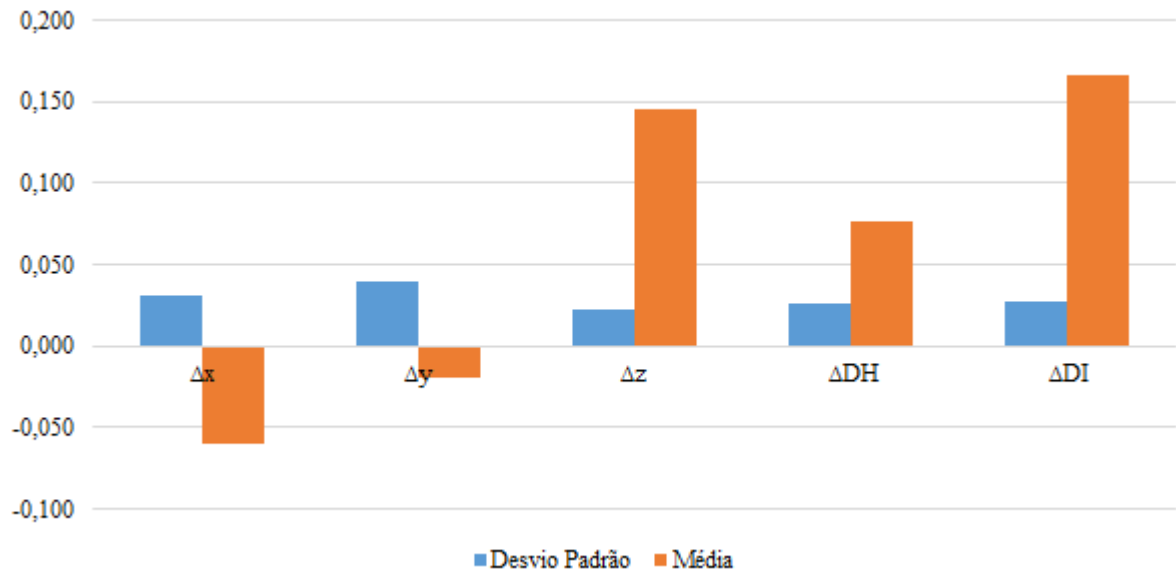
O desvio padrão foi encontrado para as demais variáveis com base na equação 9 citada anteriormente, como mostra a Tabela 2 e o Gráfico 2.

Tabela 2 - Desvio Padrão.

	Δx	Δy	Δz	ΔDH	ΔDI
Desvio padrão	0,031	0,040	0,022	0,026	0,027
Média	-0,060	-0,019	0,146	0,076	0,166

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Gráfico 2 – Desvio padrão x Média.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Com isso observou-se que a diferença de coordenadas Z (Δz) tem o menor valor de desvio padrão de 0,022, o que significa que os dados são mais homogêneos. A diferença de coordenadas Y (Δy) tem o maior desvio padrão com o valor de 0,040, o que significa que os dados dessa variável estão mais espalhados o que também foi abordado no Gráfico 1.

Outro modelo de gráfico utilizado foi o de dispersão com regressão linear, onde foi possível analisar como uma variável sofre interferência em relação a outra, sendo feitas 10 combinações entre as variáveis da Tabela 3.

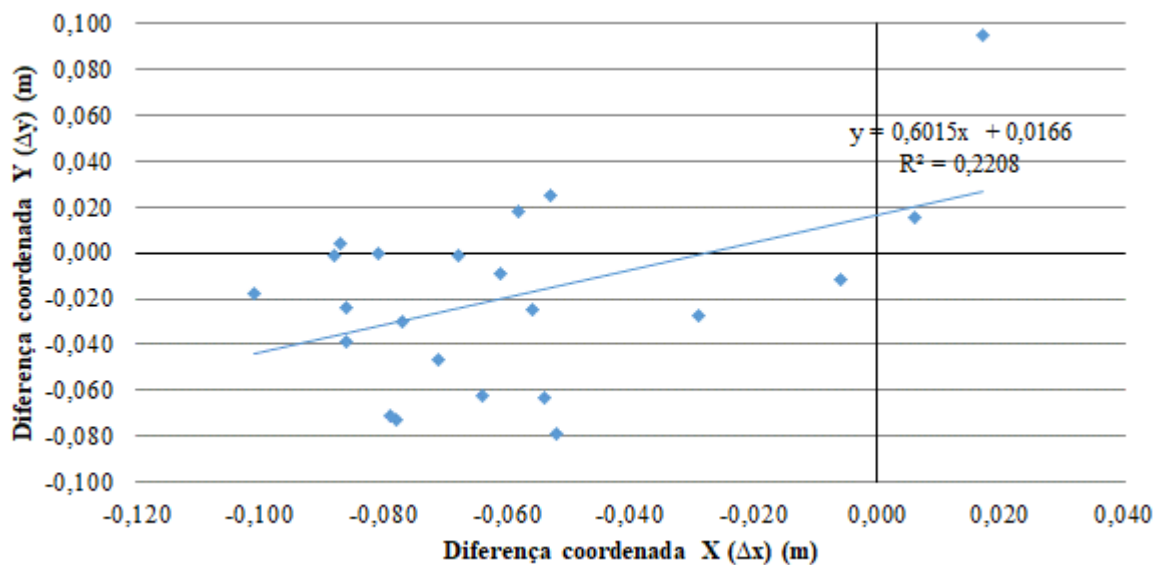
Os dados da primeira linha da Tabela 3 foram desconsiderados para não influenciar nos resultados do conjunto de dados, devido ao marco geodésico se encontrar com o mesmo valor para os dois métodos.

Tabela 3 – Dados Obtidos.

PV	Δx	Δy	Δz	ΔDH	ΔDI
1	-	-	-	-	-
2	-0,006	-0,012	0,131	0,013	0,132
3	-0,029	-0,027	0,141	0,040	0,146
4	0,017	0,095	0,142	0,097	0,172
5	0,006	0,015	0,078	0,016	0,080
6	-0,053	0,025	0,143	0,059	0,155
7	-0,058	0,018	0,153	0,061	0,165
8	-0,101	-0,018	0,167	0,103	0,196
9	-0,088	-0,001	0,148	0,088	0,172
10	-0,087	0,004	0,140	0,087	0,165
11	-0,056	-0,025	0,134	0,061	0,147
12	-0,086	-0,039	0,152	0,094	0,179
13	-0,064	-0,062	0,146	0,089	0,171
14	-0,071	-0,047	0,140	0,085	0,164
15	-0,077	-0,030	0,145	0,083	0,167
16	-0,079	-0,071	0,144	0,106	0,179
17	-0,068	-0,001	0,171	0,068	0,184
18	-0,081	0,000	0,168	0,081	0,187
19	-0,086	-0,024	0,140	0,089	0,166
20	-0,078	-0,073	0,152	0,107	0,186
21	-0,054	-0,063	0,202	0,083	0,218
22	-0,061	-0,009	0,133	0,062	0,147
23	-0,052	-0,079	0,137	0,095	0,166

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

De início a variável analisada foi a diferença da coordenada X (Δx) com as demais variáveis da Tabela 3. A variável Δx permaneceu com os valores entre -0,101 m e 0,017 m. A primeira combinação foi com a diferença da coordenada Y (Δy), como mostra o Gráfico 3.

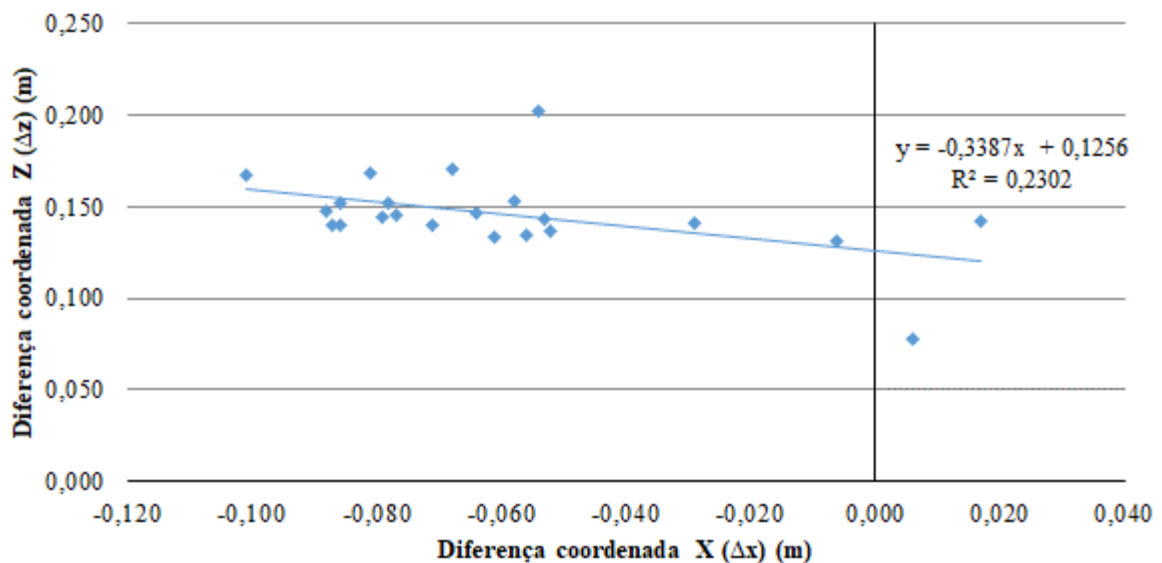
Gráfico 3 – Gráfico de Dispersão Δx com Δy .

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A variável da diferença da coordenada Y (Δy) ficou entre os valores -0,079 m e 0,095 m. Pelo gráfico determinou-se que essa combinação possui correlação positiva e fraca, pois os pontos estão mais dispersos. E o valor de R^2 de 0,2208 é baixo, o que implica em uma menor precisão da equação de regressão.

A segunda combinação realizada foi com a variável da diferença da coordenada Z (Δz), conforme mostra o Gráfico 4.

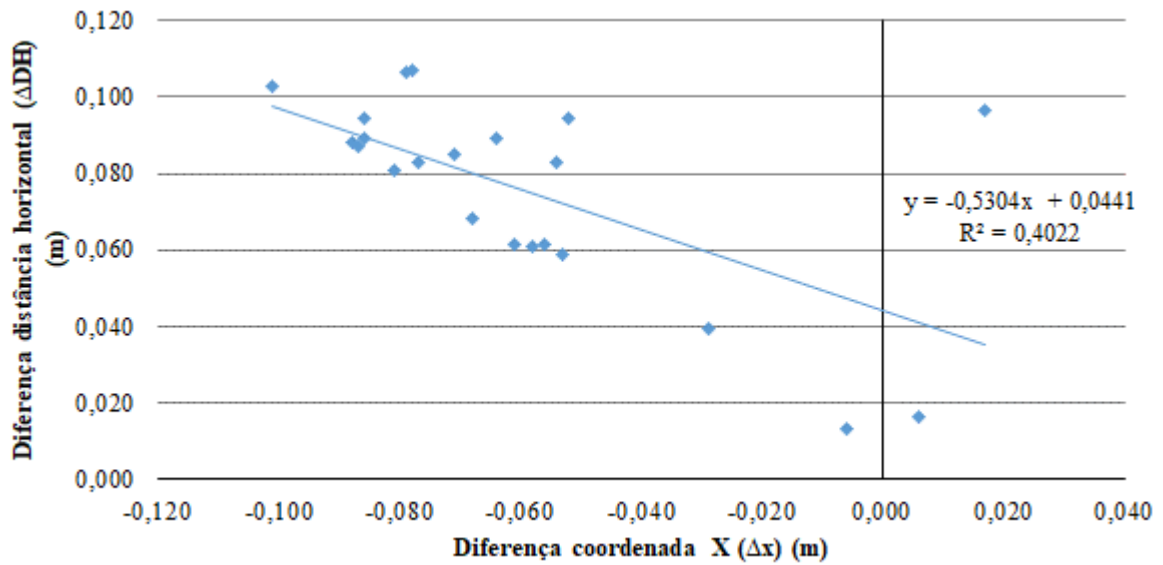
Gráfico 4 – Gráfico de Dispersão Δx com Δz .



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A variável da diferença da coordenada X (Δx) é a variável independente, e a variável da diferença da coordenada Z (Δz) é a variável dependente, que se manteve entre os valores 0,078 m e 0,202 m. Com base no gráfico, essa combinação possui correlação negativa, pois quando a variável independente aumenta, a dependente diminui. E o valor de R^2 de 0,2302 é baixo, o que implica em uma menor precisão da equação de regressão.

A terceira combinação feita foi com a variável da diferença da distância horizontal (ΔDH), conforme mostra o Gráfico 5.

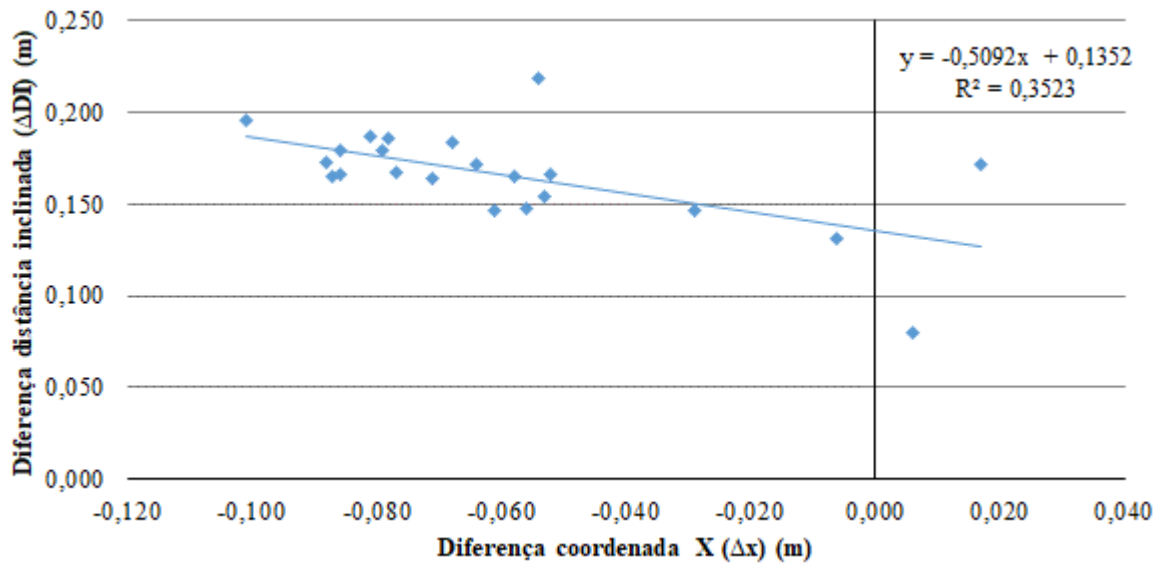
Gráfico 5 - Gráfico de Dispersão Δx com ΔDH .

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Nesta combinação a variável independente é o Δx e a variável dependente é a ΔDH , dado que para encontrar o valor de ΔDH precisa do valor de Δx , como foi visto na equação 6. A variação da diferença da distância horizontal ΔDH foi entre 0,013 e 0,107 m.

Conforme o gráfico, a correlação é fraca e negativa, quando a variável independente aumenta, a variável dependente diminui. O valor do R^2 diz qual a percentagem da variação total da variável dependente, e neste caso com valor de 0,4022, o que significa que essa relação é a mais fraca.

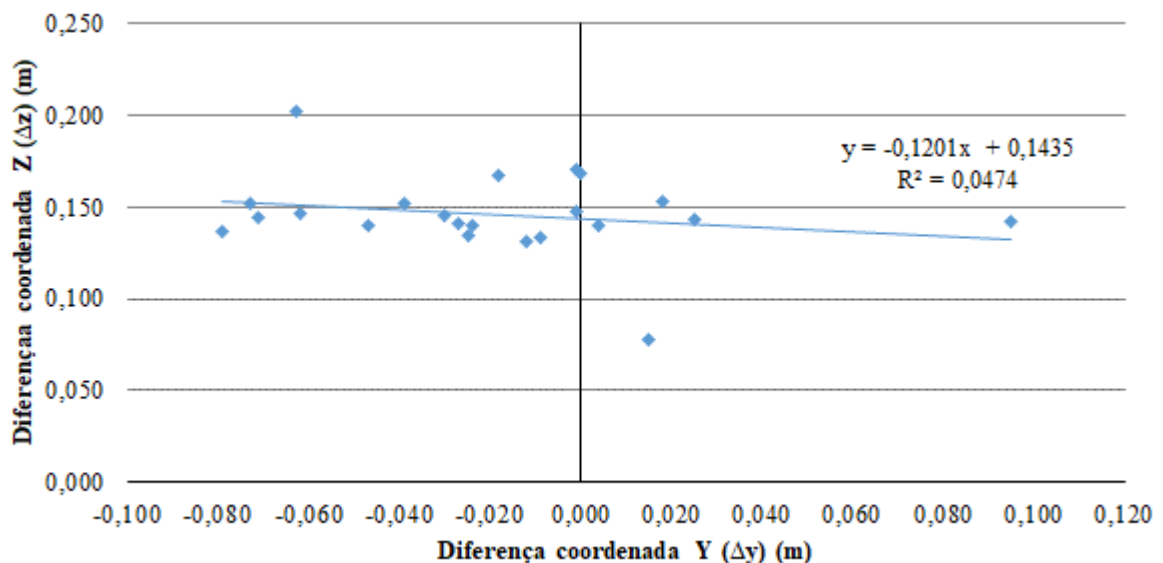
A quarta combinação feita foi com a variável da diferença da distância inclinada (ΔDI), conforme mostra o Gráfico 6.

Gráfico 6 - Gráfico de Dispersão Δx com ΔDI .

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A variação da diferença da distância inclinada (ΔDI) foi entre 0,080 e 0,218 m, sendo a variável dependente e a variável independente é o Δx . Conforme o gráfico, observou-se que a correlação é fraca e negativa, quando a variável independente aumenta, a variável dependente diminui. O valor do R^2 de 0,3523 é baixo, o que indica uma relação fraca.

Depois a variável estudada foi a diferença da coordenada Y (Δy) que permaneceu com os valores em -0,079 e 0,095 m, sendo a primeira combinação com a diferença da coordenada Z (Δz), como mostra o Gráfico 7.

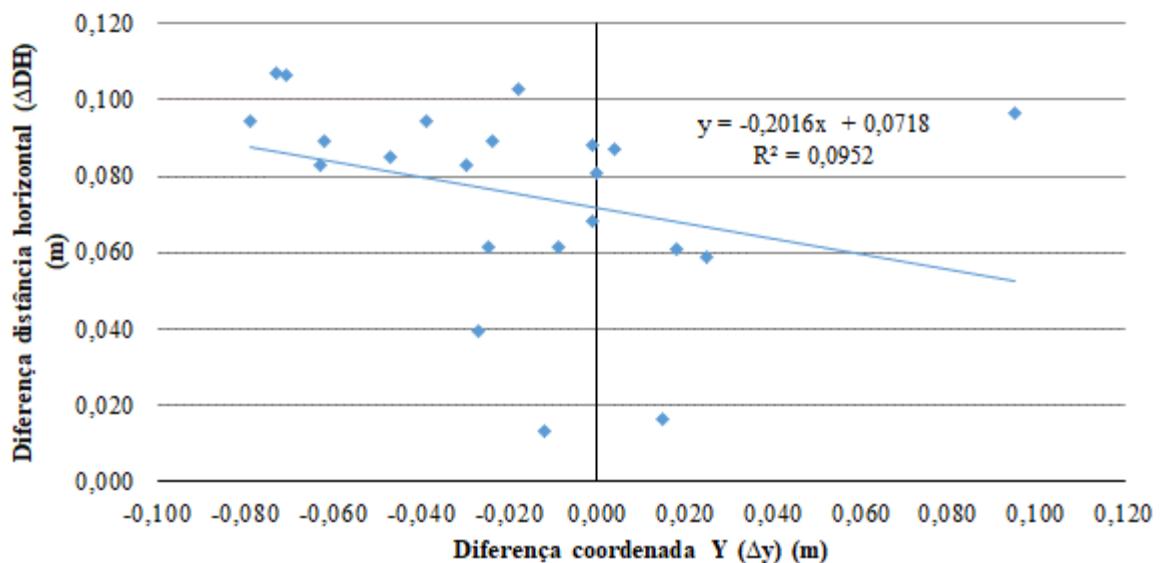
Gráfico 7 - Gráfico de Dispersão Δy com Δz .

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A variável da diferença da coordenada Y (Δy) é a variável independente, e a variável da diferença da coordenada Z (Δz) é a variável dependente, que se manteve entre os valores 0,078 m e 0,202 m. Com base no gráfico, essa combinação possui correlação nula. E o valor de R^2 de 0,0474 é muito baixo, o que implica em uma relação fraca.

A segunda combinação realizada foi com a variável da diferença da distância horizontal (ΔDH), conforme mostra o Gráfico 8.

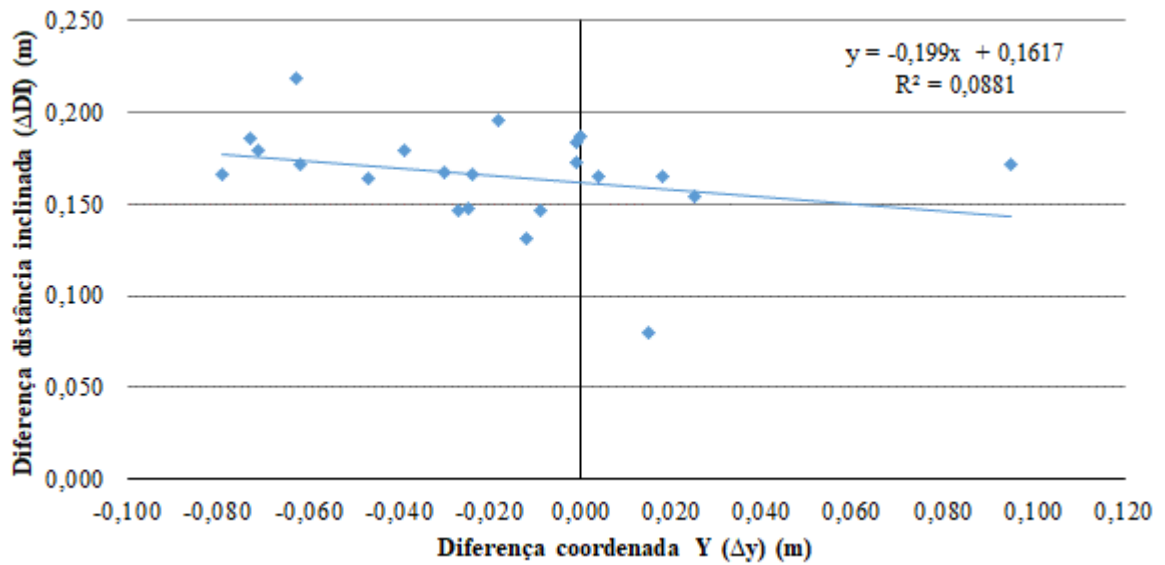
Gráfico 8 - Gráfico de Dispersão Δy com ΔDH .



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Nesta combinação a variável independente é o Δy e a variável dependente é a diferença da distância horizontal (ΔDH) que se manteve entre 0,013 e 0,107 m. De acordo com o gráfico, a correlação permanece fraca e negativa, pois quando a variável independente aumenta, a variável dependente diminui. O valor do R^2 de 0,0952 indica que essa relação é a mais fraca.

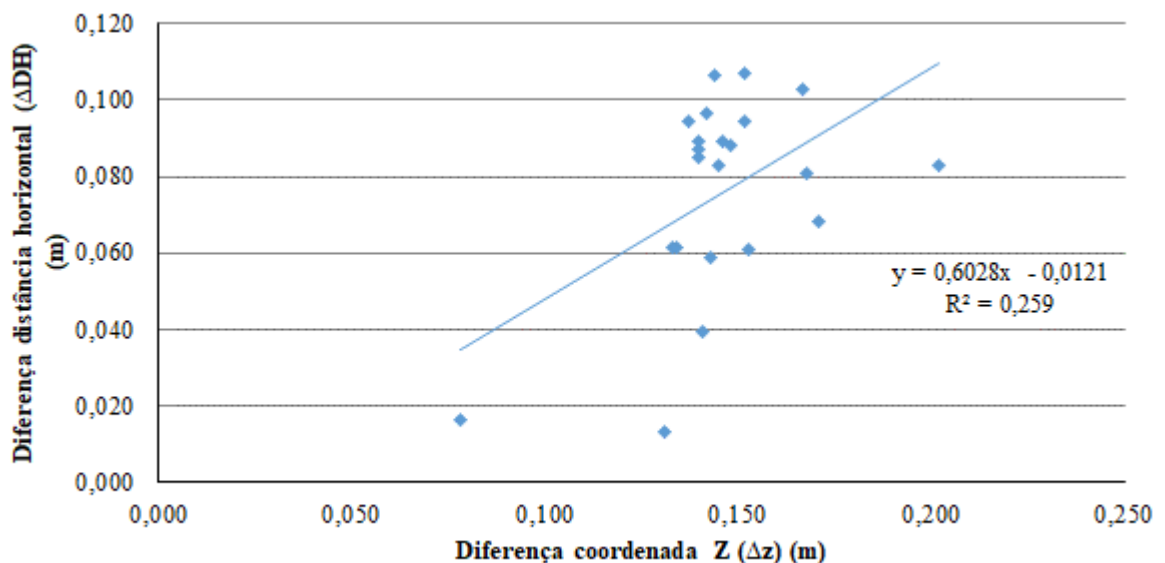
A terceira combinação realizada foi com a variável da diferença da distância inclinada (ΔDI), conforme mostra o Gráfico 9.

Gráfico 9 - Gráfico de Dispersão Δy com ΔDI .

Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A variável da diferença da coordenada Y (Δy) é a variável independente, e a variável da diferença da distância inclinada (ΔDI) é a variável dependente, que se manteve entre os valores 0,080 m e 0,218 m. Com base no gráfico, essa combinação possui correlação nula e fraca. E o valor de R^2 de 0,0881 é baixo, o que significa uma relação fraca.

Em seguida foi analisado a variável da diferença da coordenada Z (Δz) que os valores se manteve entre 0,078 e 0,202 m, sendo a primeira combinação com a diferença da distância horizontal (ΔDH), conforme o Gráfico 10.

Gráfico 10 - Gráfico de Dispersão Δz com ΔDH .

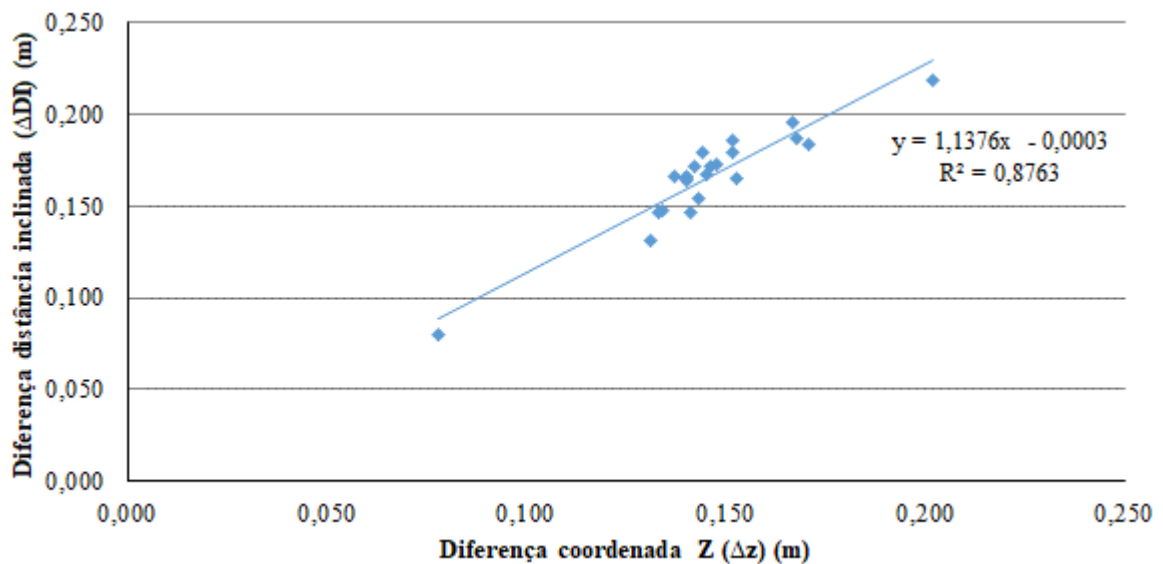
Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A variável da diferença da coordenada Z (Δz) é a variável independente, e a variável da diferença da distância horizontal (ΔDH) é a variável dependente, que se manteve entre os valores 0,013 m e 0,107 m.

Nesse caso, a combinação possui correlação fraca e positiva, conforme a variável independente aumenta, a dependente também aumenta. E o valor de R^2 de 0,259 é baixo, o que significa uma relação mais fraca, e uma linha de regressão linear positiva.

A segunda combinação feita foi com a variável da diferença da distância inclinada (ΔDI), conforme mostra o Gráfico 11.

Gráfico 11 - Gráfico de Dispersão Δz com ΔDI .

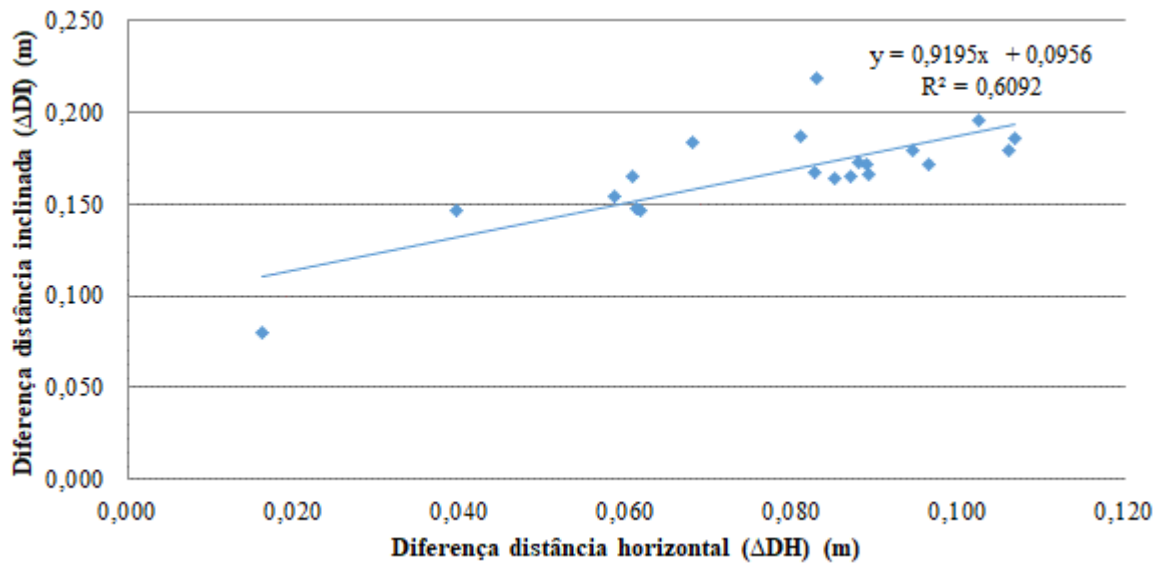


Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Nesta combinação a variável independente é o Δz e a variável dependente é a ΔDI , dado que para encontrar o valor de ΔDI precisa do valor de Δz , como foi visto na equação 7. A variação da diferença da distância inclinada (ΔDI) se manteve entre 0,080 e 0,218 m. Portanto, a correlação permanece forte e positiva, devido a variável dependente aumentar, quando a independente também aumenta.

O valor do R^2 diz o quanto a variável dependente é explicada pela variável independente por meio da equação de regressão, e neste caso com valor de 0,8763 sendo o valor mais próximo de 1, o que significa que essa relação é a mais forte e tem a equação de regressão mais precisa.

Por fim, a última combinação foi com as variáveis da diferença da distância horizontal (ΔDH) com a diferença da distância inclinada (ΔDI), como mostra o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Gráfico de Dispersão ΔDH com ΔDI .

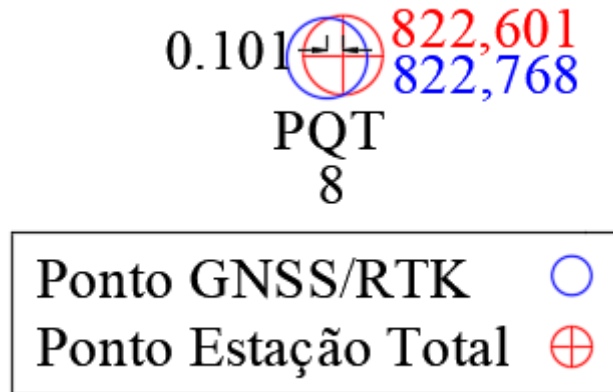
Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Neste caso, a variável independente é o ΔDH e a variável dependente é a ΔDI , visto que para encontrar o valor de ΔDI precisa do valor de ΔDH , como foi visto nas equações 6 e 7. A variação da diferença da distância horizontal (ΔDH) permaneceu entre 0,013 e 0,107 m, e a variação da diferença da distância inclinada (ΔDI) foi entre 0,080 e 0,218 m.

Portanto, a correlação permanece forte e positiva, pois os pontos estão menos dispersos e quando a variável independente aumenta, a dependente também aumenta. O valor do R^2 de 0,6092 significa que essa relação é a mais forte e tem a equação de regressão mais precisa.

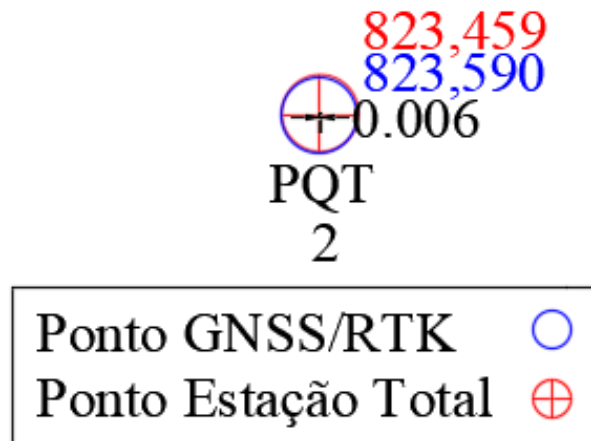
De acordo com a análise dos resultados, o P8 é o ponto com maior diferença na coordenada X (Δx) de 0,101 m e os P2 e P5 são os pontos com menor diferença, de 0,006 m, como mostra as Figura 13, Figura 14 e Figura 15.

Figura 13 – Ponto P8 do levantamento topográfico.



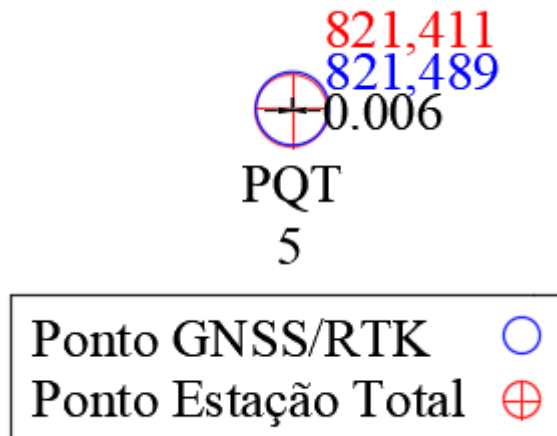
Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Figura 14 – Ponto P2 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

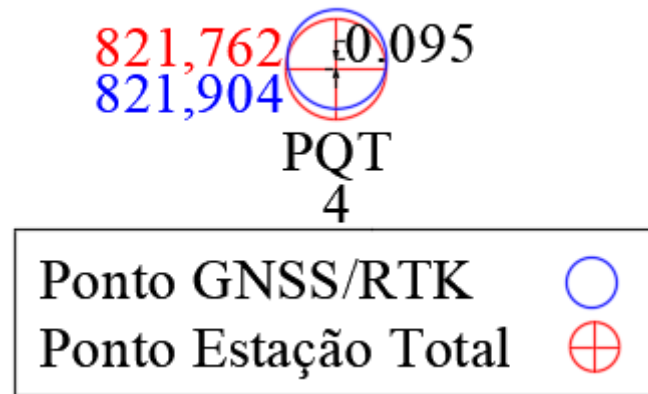
Figura 15 – Ponto P5 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

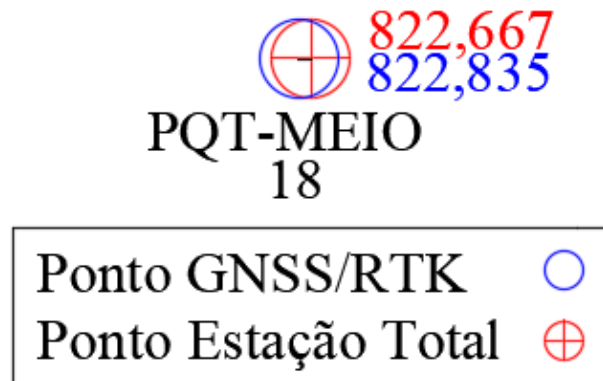
O P4 é o ponto com maior diferença na coordenada Y (Δy) de 0,095 m, e P18 é o ponto com menor diferença, 0,000 m, como indica as Figura 16 e Figura 17.

Figura 16 – Ponto P4 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

Figura 17 – Ponto P18 do levantamento topográfico.

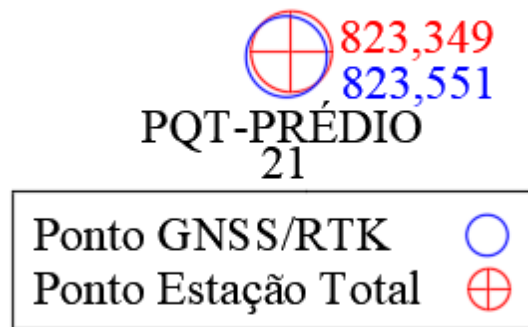


Fonte: Arquivo da autora, 2019.

O valor de Δz dos pontos foram encontradas pela diferença da cota do método GNSS/RTK menos a cota do método de Taqueometria.

O P21 (piquete na quina do prédio) é o ponto com maior diferença na coordenada Z (Δz) de 0,202 m e o P5 é o ponto com menor diferença, de 0,078 m, conforme mostram as figuras Figura 21 e Figura 15.

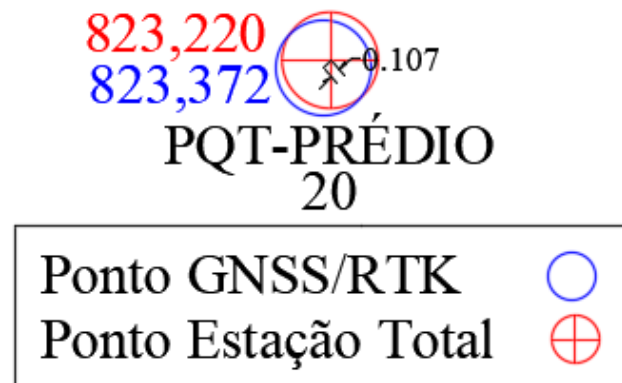
Figura 18 – Ponto P21 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

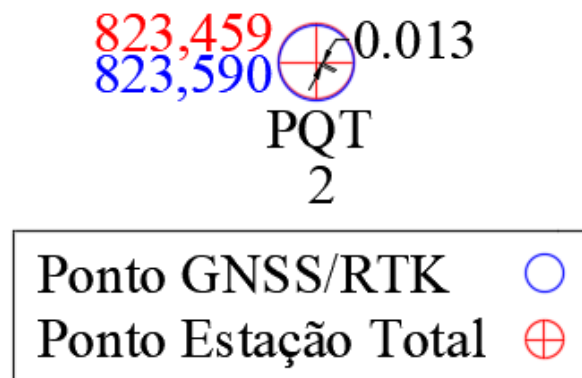
O P20 (piquete na quina do prédio) é o ponto com a maior diferença na distância horizontal (ΔDH) de 0,107 m e o P2 apresentou a menor diferença, de 0,013 m, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Ponto P20 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

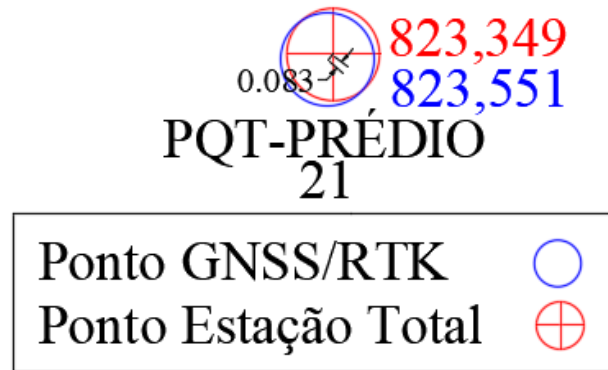
Figura 20 – Ponto P2 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

O ponto P21 (piquete na quina do prédio) é o ponto com a maior diferença na distância inclinada (ΔDI) de 0,218 m.

Figura 21 – Ponto P21 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A diferença da coordenada em Z (Δz) do ponto P21 foi encontrada pela diferença da cota 823,551 (método GNSS/RTK) menos a cota 823,349 (método Taqueometria) resultando o valor de 0,202 m.

A diferença da distância horizontal (ΔDH) pode ser obtida pela Equação (6) ou pelo valor da cota do desenho, conforme mostra a Figura 21, e em seguida obteve a diferença da distância inclinada (ΔDI) com base na Equação (7).

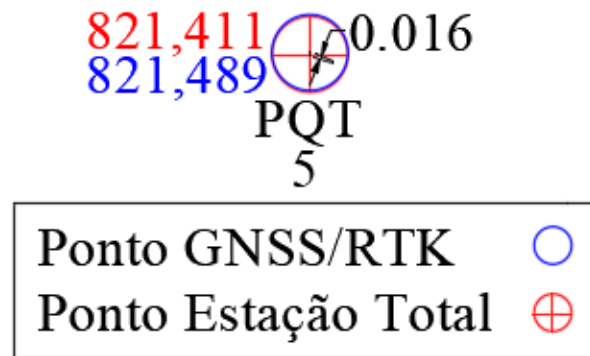
$$\Delta DI = \sqrt{\Delta DH^2 + \Delta z^2} \quad (7)$$

$$\Delta DI = \sqrt{0,083^2 + 0,202^2}$$

$$\Delta DI = 0,218 \text{ m}$$

O P5 apresentou a menor diferença na distância inclinada (ΔDI) de 0,080 m. A diferença da coordenada em Z (Δz) do ponto P5 foi encontrada pela diferença da cota 821,489 (método GNSS/RTK) menos a cota 821,411 (método Taqueometria) resultando o valor de 0,078 m.

Figura 22 – Ponto P5 do levantamento topográfico.



Fonte: Arquivo da autora, 2019.

A diferença da distância horizontal (ΔDH) pode ser obtida pela Equação (6) ou pelo valor da cota do desenho, conforme mostra a Figura 22, e em seguida obteve a diferença da distância inclinada (ΔDI) com base na Equação (7).

$$\Delta DI = \sqrt{\Delta DH^2 + \Delta z^2} \quad (7)$$

$$\Delta DI = \sqrt{0,016^2 + 0,078^2}$$

$$\Delta DI = 0,080 \text{ m}$$

Com base na análise e discussões dos resultados, pode-se observar que a distância dos pontos não influenciou nas maiores diferenças obtidas das variáveis estudadas pelos dois métodos.

Um exemplo seria na diferença da coordenada Y (Δy), o ponto P4 teve o maior valor, sendo que a sua distância é de aproximadamente 21,00 m da Estação A, já o ponto P18 com menor Δy tem distância de aproximadamente 123,00 m.

Isso significa que essas diferenças não são devidas as distâncias serem maiores, e sim por causa de questões do nivelamento, o tamanho e formato do Rover que prejudica o levantamento quando se escolhe ponto na quina do prédio, entre outros quesitos.

7 CONCLUSÕES

A partir da revisão bibliográfica feita sobre o tema, comparando com a prática do uso dos métodos GNSS/RTK e Taqueometria para o levantamento topográfico, que foi de extrema importância, podemos estabelecer algumas considerações.

O GPS-RTK se mostrou uma solução muito interessante, pois a facilidade no manuseio do equipamento e suas funções permite aumentar a agilidade do serviço prestado, necessitando de um bom sinal de satélite para obter precisão e de um nivelamento preciso da base e do Rover na aquisição do levantamento.

No levantamento com o GPS pode-se observar que as construções, além de prejudicar o sinal do aparelho, também interfere na coleta de pontos nas quinas do prédio devido à altura do equipamento, o que pode prejudicar o nivelamento do receptor *Rover*.

As principais dificuldades encontradas com a Estação Total no levantamento foram a presença de vegetação como árvores ou construções entre o aparelho e o ponto, que dificulta a visualização do prisma pelo aparelho. Por todos esses aspectos, foi possível concluir que cada método e equipamento tem suas características marcantes.

Com base na análise dos resultados, conclui-se que em áreas onde a recepção de sinal de satélite e a transmissão de rádio são boas, e a condição do ambiente aceitável, o levantamento com o método GNSS/RTK para as coordenadas Leste (L) e Norte (N) apresentou a maior diferença, em relação à Taqueometria, na coordenada X (Δx) de 0,101 m e para a coordenada Y (Δy) de 0,095 m. A maior diferença na distância horizontal (ΔDH) encontrada foi de 0,107 m.

No que se refere a altimetria, os resultados analisados mostram a maior diferença da coordenada Z (Δz) de 0,202 m e a maior diferença na distância inclinada (ΔDI) de 0,218 m. Portanto, constatou-se que a precisão altimétrica é mais baixa em relação a precisão da planimétrica.

Conclui-se que os objetivos programados nesta pesquisa foram cumpridos, entre eles a revisão bibliográfica, o levantamento topográfico com os dois métodos, a geração das plantas de locação e a análise dos dados coletados.

Enfim, uma sugestão para trabalhos futuros seria um estudo mais aprofundado sobre a interação GNSS/RTK e Taqueometria, de forma que se tenham mais argumentos sobre as diferenças apresentadas neste estudo de caso, a fim de reduzir as mesmas e para que se possa avaliar qual método é mais recomendado para as devidas situações. Um exemplo

seria a comparação da imagem georreferenciada feita com o drone com os outros métodos aplicados na pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR 13133**: Execução de levantamentos topográficos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 3ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, v. 1, 2013.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 8ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

CASACA, J.; MATOS, J.; BAILO, M. **Topografia Geral**. 4ª. ed. Lisboa: Lidel, 2005.

DOMINGUES, F. A. A. **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIRGAS**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/sirgas.html>. Acesso em: Outubro 2019.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução nº1, de 25 de fevereiro de 2005**. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro: [s.n.], 2005.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual do Usuário Posicionamento por Ponto Preciso**. Rio de Janeiro, IBGE: [s.n.], 2009.

INCRA-INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1ª. ed. Brasília: INCRA, 2013.

JÚNIOR, J. I. R. **Análises Estatísticas no Excel Guia Prático**. 2ª. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea: Planimetria**. Florianópolis: UFSC, 2007.

MCCORMAC, J. C. **Topografia**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MELO, A. S. et al. O USO DO GPS DE NAVEGAÇÃO EM PEQUENAS ÁREAS AGRÍCOLAS. **Revista Verde**, Mossoró-RN-Brasil, outubro/dezembro 2011.

MINITAB. **Support Minitab**. 2019. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/scatterplot/interpret-the-results/key-results/>. Acesso em: Dezembro 2019.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NAGHETTINI, M. **Introdução à Hidrologia Aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

NONATO; JULIEN; FABRÍCIO. GPEAS-Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo - UFC. **Topografia Básica**. 2011. Disponível em:
<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/aula06.pdf>. Acesso em: Novembro 2019.

OPUS. O que é uma Pesquisa Survey. **OPUS Pesquisa e Opinião**. 2018. Disponível em:
<https://www.opuspesquisa.com/blog/tecnicas/pesquisa-survey/>. Acesso em: Dezembro 2019.

PINTO, J. R. M. **Potencialidade do Uso do GPS em Obras de Engenharia**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - UNESP, Presidente Prudente: [s.n.], 2000.

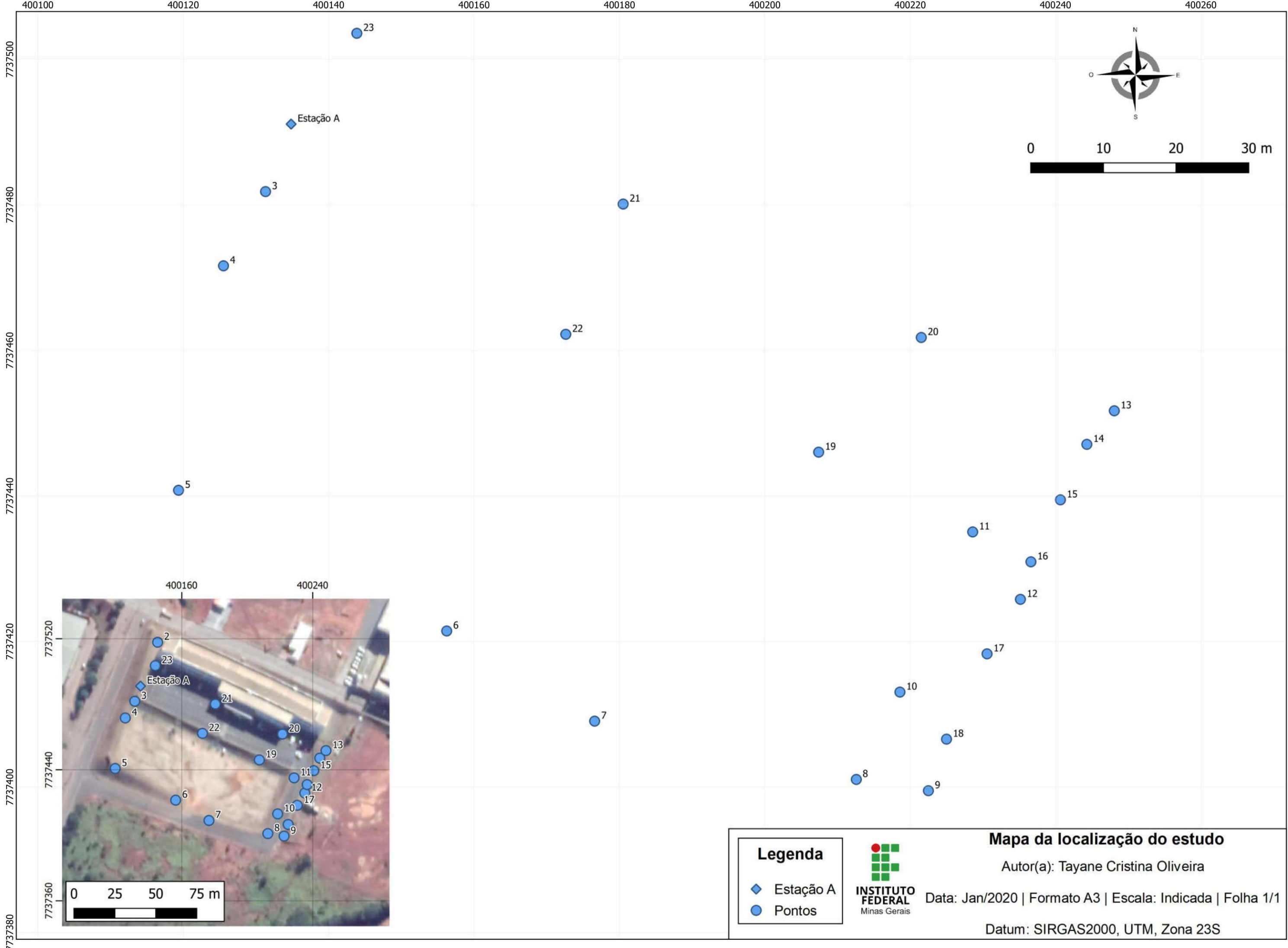
SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para Engenharia: Teoria e prática de Geomática**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

TONIOLO, B. P.; CONCEIÇÃO, E. S.; SANTOS, L. S. **O Uso do Sistema RTK nas Locações de Obras de Engenharia Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Mogi das Cruzes, São Paulo: [s.n.], 2013.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná : Paraná, 2012.

YIN, R. K. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A -Mapa da Localização do Estudo.



Legenda

- ◆ Estação A
- Pontos



Mapa da localização do estudo

Autor(a): Tayane Cristina Oliveira

Data: Jan/2020 | Formato A3 | Escala: Indicada | Folha 1/1

Datum: SIRGAS2000, UTM, Zona 23S

APÊNDICE B – Planta GNSS/RTK.

Nq
25/11/2019



N=7737500,00

823,59
PQT
2

823,558
PQT-PRÉDIO
23

823,74
ESTAÇÃO A
1

823,807
PQT
3

821,904
PQT
4

823,551
PQT-PRÉDIO
21

823,598
PQT-BANDEIRA
22

823,372
PQT-PRÉDIO
20

N=7737450,00

821,489
PQT
5

823,757
PQT
19

823,362
PQT
13

823,174
PQT
14

823,263
PQT-MEIO
15

823,543
PQT
11

823,241
PQT-MEIO
16

823,297
PQT
12

823,084
PQT-MEIO
17

823,044
PQT
10

822,835
PQT-MEIO
18

822,768
PQT
8

822,806
PQT
9

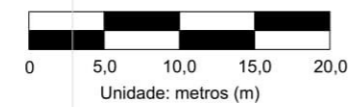
820,922
PQT
6

821,399
PQT
7

Simbologia

Ponto GPS

Sistema de Coordenadas
 Coordenadas Planas Sistema U T M
 Elipsóide: SIRGAS 2000
 Meridiano Central: W 45
 Coordenadas Geodésicas do ponto:
 Latitude: S 20°27'31.7855"
 Longitude: W 45°57'25.1541"
 Coeficiente de Escala: K = 0.99972313
 Convergência = 0°20'04.2993"



PV	Descrição	Coordenada L (x)	Coordenada N (y)	Cota (z)
1	Marco geodésico - Estação A	400134,818	7737491,088	823,740
2	Referência Norte	400145,260	7737517,835	823,590
3	PQT	400131,301	7737481,809	823,807
4	PQT	400125,522	7737471,619	821,904
5	PQT	400119,343	7737440,756	821,489
6	PQT	400156,281	7737421,424	820,922
7	PQT	400176,614	7737409,038	821,399
8	PQT	400212,578	7737401,031	822,768
9	PQT	400222,516	7737399,483	822,806
10	PQT	400218,601	7737413,031	823,044
11	PQT	400228,611	7737435,033	823,543
12	PQT	400235,179	7737425,773	823,297
13	PQT	400248,096	7737451,698	823,362
14	PQT	400244,319	7737447,087	823,174
15	PQT-MEIO FIO	400240,684	7737439,442	823,263
16	PQT-MEIO FIO	400236,624	7737430,925	823,241
17	PQT-MEIO FIO	400230,587	7737418,285	823,084
18	PQT-MEIO FIO	400225,010	7737406,566	822,835
19	PQT	400207,403	7737446,017	823,757
20	PQT-PRÉDIO	400221,538	7737461,771	823,372
21	PQT-PRÉDIO	400180,533	7737480,099	823,551
22	PQT-BANDEIRA	400172,647	7737462,207	823,598
23	PQT-PRÉDIO	400143,849	7737503,561	823,558

Levantamento Topográfico

Local: Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Avançado Plumhi

Município: Plumhi - MG Data: 28/11/2019

Escala: 1:500 Folha: A3

Equipamentos Utilizados: GPS Geodésicos: STONEX S8 plus - RTK

Tayane Cristina Oliveira

Rua: Coronel Lourenço Belo, nº 144, Centro, Capitólio-MG
Tel: (37) 99943-9220

APÊNDICE C – Planta Estação Total.

Nq
25/11/2019



N=7737500,00

823,459 ⊕
PQT
2

823,421 ⊕
PQT-PRÉDIO
23

823,740 ⊕
ESTAÇÃO A
1

823,666 ⊕
PQT
3

821,762 ⊕
PQT
4

823,349 ⊕
PQT-PRÉDIO
21

823,465 ⊕
PQT-BANDEIRA
22

823,220 ⊕
PQT-PRÉDIO
20

N=7737450,00

821,411 ⊕
PQT
5

823,617 ⊕
PQT
19

823,216 ⊕
PQT
13

823,034 ⊕
PQT
14

823,118 ⊕
PQT-MEIO
15

823,409 ⊕
PQT
11

823,097 ⊕
PQT-MEIO
16

823,145 ⊕
PQT
12

820,779 ⊕
PQT
6

822,913 ⊕
PQT-MEIO
17

822,904 ⊕
PQT
10

822,667 ⊕
PQT-MEIO
18

822,601 ⊕
PQT
8

822,658 ⊕
PQT
9

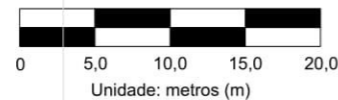
Simbologia

Ponto Estação Total ⊕

NV NQ

Sistema de Coordenadas
Coordenadas Planas Sistema U T M
Elipsóide: SIRGAS 2000
Meridiano Central: W 45
Coordenadas Geodésicas do ponto:
Latitude: S 20°27'31.7855"
Longitude: W 45°57'25.1541"
Coeficiente de Escala: K = 0.99972313
Convergência = 0°20'04.2993"

N=7737400,00



PV	Descrição	Coordenada L (x)	Coordenada N (y)	Cota (z)
1	Marco geodésico - Estação A	400134,818	7737491,088	823,74
2	Referência Norte	400145,266	7737517,847	823,459
3	PQT	400131,330	7737481,836	823,666
4	PQT	400125,505	7737471,524	821,762
5	PQT	400119,337	7737440,741	821,411
6	PQT	400156,334	7737421,399	820,779
7	PQT	400176,672	7737409,020	821,246
8	PQT	400212,679	7737401,049	822,601
9	PQT	400222,604	7737399,484	822,658
10	PQT	400218,688	7737413,027	822,904
11	PQT	400228,667	7737435,058	823,409
12	PQT	400235,265	7737425,812	823,145
13	PQT	400248,160	7737451,760	823,216
14	PQT	400244,390	7737447,134	823,034
15	PQT-MEIO FIO	400240,761	7737439,472	823,118
16	PQT-MEIO FIO	400236,703	7737430,996	823,097
17	PQT-MEIO FIO	400230,655	7737418,286	822,913
18	PQT-MEIO FIO	400225,091	7737406,566	822,667
19	PQT	400207,489	7737446,041	823,617
20	PQT-PRÉDIO	400221,616	7737461,844	823,220
21	PQT-PRÉDIO	400180,587	7737480,162	823,349
22	PQT-BANDEIRA	400172,708	7737462,216	823,465
23	PQT-PRÉDIO	400143,901	7737503,640	823,421

Levantamento Topográfico

Local:		Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Avançado Piumhi	
Município:	Data:		
Piumhi - MG	28/11/2019		
Escala:	Folha:		
1:500	A3		
Equipamentos Utilizados:		Tayane Cristina Oliveira	
GPS Geodésicos:		Rua: Coronel Lourenço Belo, n° 144, Centro, Capitólio-MG Tel: (37) 99943-9220	
• STONEX S8 plus - RTK			
Estação Total:			
• Ruide RTS-822R ³			

APÊNDICE D – Caderneta de Campo Estação Total.

Est.	PV	Desc.	A.A.	AH - D Magn. (G,M,S)	Rumo Verd. (G,M,S)	H prisma	α (G,M,S)	DH	X_T	Y_T	Cota
A		Marco Geodésico							400134,818	7737491,088	823,740
	P2	Referência Norte	1,52	21° 19' 32"	21° 19' 32"	1,600	0° 24' 6"	28,727	400145,266	7737517,847	823,459
	P3	Piquete	1,52	200° 39' 41"	20° 39' 41"	1,600	0° 2' 12"	9,888	400131,330	7737481,836	823,666
	P4	Piquete	1,52	205° 27' 17"	25° 27' 17"	1,600	5° 0' 31"	21,668	400125,505	7737471,524	821,762
	P5	Piquete	1,52	197° 5' 26"	17° 5' 26"	1,600	2° 26' 52"	52,675	400119,337	7737440,741	821,411
	P6	Piquete	1,52	162° 50' 22"	17° 9' 38"	1,600	2° 15' 54"	72,935	400156,334	7737421,399	820,779
	P7	Piquete	1,52	152° 58' 47"	27° 1' 13"	1,600	1° 29' 59"	92,128	400176,672	7737409,020	821,246
	P8	Piquete (curva antes do asfalto)	1,52	139° 8' 58"	40° 51' 2"	2,350	0° 9' 3"	119,036	400212,679	7737401,049	822,601
	P9	Piquete (curva depois do asfalto)	1,52	136° 13' 10"	43° 46' 50"	1,600	0° 27' 2"	126,876	400222,604	7737399,484	822,658
	P10	Piquete (perto do poste)	1,52	132° 57' 2"	47° 2' 58"	1,600	0° 22' 35"	114,576	400218,688	7737413,027	822,904
	P11	Piquete (curva antes do estacionamento)	1,52	120° 50' 3"	59° 9' 57"	1,600	0° 7' 50"	109,305	400228,667	7737435,058	823,409
	P12	Piquete (embaixo da placa vire à esquerda)	1,52	123° 1' 18"	56° 58' 42"	1,600	0° 14' 39"	119,794	400235,265	7737425,812	823,145
	P13	Piquete (perto escada azul)	1,52	109° 8' 10"	70° 51' 50"	1,600	0° 12' 49"	119,977	400248,160	7737451,760	823,216
	P14	Piquete (linha meio fio)	1,52	111° 51' 35"	68° 8' 25"	1,600	0° 18' 18"	118,061	400244,390	7737447,134	823,034
	P15	Piquete (linha meio fio)	1,52	115° 58' 45"	64° 1' 15"	1,600	0° 15' 40"	117,845	400240,761	7737439,472	823,118
	P16	Piquete (linha meio fio)	1,52	120° 31' 58"	59° 28' 2"	1,950	0° 6' 17"	118,292	400236,703	7737430,996	823,097
	P17	Piquete (linha meio fio)	1,52	127° 13' 9"	52° 46' 51"	1,950	0° 11' 13"	120,353	400230,655	7737418,286	822,913
	P18	Piquete (linha meio fio)	1,52	133° 6' 45"	46° 53' 15"	1,950	0° 17' 48"	123,661	400225,091	7737406,566	822,667
	P19	Piquete	1,52	121° 47' 41"	58° 12' 19"	1,600	0° 1' 37"	85,495	400207,489	7737446,041	823,617
	P20	Piquete (quina prédio IF)	1,52	108° 37' 14"	71° 22' 46"	1,600	0° 16' 32"	91,588	400221,616	7737461,844	823,220

P21	Piquete (quina prédio IF)	1,52	103° 25' 31"	76° 34' 29"	1,600	0° 22' 50"	47,054	400180,587	7737480,162	823,349
P22	Piquete (perto dos postes das bandeiras)	1,52	127° 18' 31"	52° 41' 29"	1,600	0° 13' 57"	47,636	400172,708	7737462,216	823,465
P23	Piquete (perto das motos - quina prédio IF)	1,52	35° 53' 26"	35° 53' 26"	1,600	0° 53' 1"	15,494	400143,901	7737503,640	823,421

APÊNDICE E –Planta com os dois métodos utilizados.


Nq
25/11/2019



N=7737500,00

N=7737450,00

NV NQ

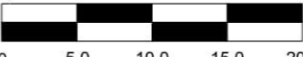


Sistema de Coordenadas
 Coordenadas Planas Sistema U T M
 Elipsóide: SIRGAS 2000
 Meridiano Central: W 45
 Coordenadas Geodésicas do ponto:
 Latitude: S 20°27'31.7855"
 Longitude: W 45°57'25.1541"
 Coeficiente de Escala: K = 0.99972313
 Convergência = 0°20'04.2993"

Simbologia

Ponto GPS 

Ponto Estação Total 


 Unidade: metros (m)



E=400250,00

823,459
823,590
PQT
2

823,421
823,558
PQT-PRÉDIO
23

823,740
823,740
ESTAÇÃO A
1

823,666
823,807
PQT
3

821,762
821,904
PQT
4

823,349
823,551
PQT-PRÉDIO
21

823,465
823,598
PQT-BANDEIRA
22

823,220
823,372
PQT-PRÉDIO
20

821,411
821,489
PQT
5

820,779
820,922
PQT
6

821,246
821,399
PQT
7

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

823,097
823,241
PQT-MEIO
16

823,617
823,757
PQT
19

823,409
823,543
PQT
11

822,904
823,044
PQT
10

822,601
822,768
PQT
8

822,667
822,835
PQT-MEIO
18

822,658
822,806
PQT
9

822,913
823,084
PQT-MEIO
17

823,145
823,297
PQT
12

APÊNDICE F – Dados obtidos.

PV	Descrição	Dados obtidos Estação Total (m)			Dados obtidos GNSS/RTK (m)			Diferença GNSS/RTK - Estação Total (m)			Diferença Distância Horizontal (DH) (m)	Diferença Distância Vertical (DI) (m)
		Coordenada L (x)	Coordenada N (y)	Cota (z)	Coordenada L (x)	Coordenada N (y)	Cota (z)	Δx	Δy	Δz	ΔDH	ΔDI
1	Marco geodésico - Estação A	400134,818	7737491,088	823,74	400134,818	7737491,088	823,740					
2	Referência Norte	400145,266	7737517,847	823,459	400145,260	7737517,835	823,590	-0,006	-0,012	0,131	0,013	0,132
3	PQT	400131,330	7737481,836	823,666	400131,301	7737481,809	823,807	-0,029	-0,027	0,141	0,040	0,146
4	PQT	400125,505	7737471,524	821,762	400125,522	7737471,619	821,904	0,017	0,095	0,142	0,097	0,172
5	PQT	400119,337	7737440,741	821,411	400119,343	7737440,756	821,489	0,006	0,015	0,078	0,016	0,080
6	PQT	400156,334	7737421,399	820,779	400156,281	7737421,424	820,922	-0,053	0,025	0,143	0,059	0,155
7	PQT	400176,672	7737409,020	821,246	400176,614	7737409,038	821,399	-0,058	0,018	0,153	0,061	0,165
8	PQT	400212,679	7737401,049	822,601	400212,578	7737401,031	822,768	-0,101	-0,018	0,167	0,103	0,196
9	PQT	400222,604	7737399,484	822,658	400222,516	7737399,483	822,806	-0,088	-0,001	0,148	0,088	0,172
10	PQT	400218,688	7737413,027	822,904	400218,601	7737413,031	823,044	-0,087	0,004	0,140	0,087	0,165
11	PQT	400228,667	7737435,058	823,409	400228,611	7737435,033	823,543	-0,056	-0,025	0,134	0,061	0,147
12	PQT	400235,265	7737425,812	823,145	400235,179	7737425,773	823,297	-0,086	-0,039	0,152	0,094	0,179
13	PQT	400248,160	7737451,760	823,216	400248,096	7737451,698	823,362	-0,064	-0,062	0,146	0,089	0,171
14	PQT	400244,390	7737447,134	823,034	400244,319	7737447,087	823,174	-0,071	-0,047	0,140	0,085	0,164
15	PQT-MEIO FIO	400240,761	7737439,472	823,118	400240,684	7737439,442	823,263	-0,077	-0,030	0,145	0,083	0,167
16	PQT-MEIO FIO	400236,703	7737430,996	823,097	400236,624	7737430,925	823,241	-0,079	-0,071	0,144	0,106	0,179
17	PQT-MEIO FIO	400230,655	7737418,286	822,913	400230,587	7737418,285	823,084	-0,068	-0,001	0,171	0,068	0,184
18	PQT-MEIO FIO	400225,091	7737406,566	822,667	400225,010	7737406,566	822,835	-0,081	0,000	0,168	0,081	0,187
19	PQT	400207,489	7737446,041	823,617	400207,403	7737446,017	823,757	-0,086	-0,024	0,140	0,089	0,166
20	PQT-PRÉDIO	400221,616	7737461,844	823,220	400221,538	7737461,771	823,372	-0,078	-0,073	0,152	0,107	0,186
21	PQT-PRÉDIO	400180,587	7737480,162	823,349	400180,533	7737480,099	823,551	-0,054	-0,063	0,202	0,083	0,218
22	PQT-BANDEIRA	400172,708	7737462,216	823,465	400172,647	7737462,207	823,598	-0,061	-0,009	0,133	0,062	0,147
23	PQT-PRÉDIO	400143,901	7737503,640	823,421	400143,849	7737503,561	823,558	-0,052	-0,079	0,137	0,095	0,166

ANEXO A – Relatório do posicionamento por ponto preciso.



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

Sumário do Processamento do marco: 1024300

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/09/29 16:14:50,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/09/29 20:03:15,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CHC180 NONE
Órbitas dos satélites:¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	5,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,000
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,10 GPS 1,69 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,87 GPS 0,85 GLONASS

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	-20° 27' 30,5025"	-45° 57' 26,8383"	823,74	7737491.088	400134.818	-45
Na data do levantamento⁵	-20° 27' 30,4960"	-45° 57' 26,8400"	823,74	7737491.287	400134.768	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,001	0,003	0,006			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-7,12					
Altitude Ortométrica (m)	830,86					

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 enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada a Priori
1024300272Q.17O

