

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Projeto e Divulgação Científica

DIEGO ROCHA COSTA
EDER AUGUSTO CAMPOS
MARÍLIA ELIZABETE SOARES BRASILEIRO
RAFAELA CRISTINA DE SOUZA NETO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CÁLCULO DE VOLUME OBTIDO A PARTIR
DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO POR DIFERENTES TIPOS
DE EQUIPAMENTO**

BELO HORIZONTE

Julho/2018

DIEGO ROCHA COSTA
EDER AUGUSTO CAMPOS
MARÍLIA ELIZABETE SOARES BRASILEIRO
RAFAELA CRISTINA DE SOUZA NETO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CÁLCULO DE VOLUME OBTIDO A PARTIR
DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO POR DIFERENTES TIPOS
DE EQUIPAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura.

Área de concentração: Topografia

Orientador de conteúdo: Prof^o Especialista
Evandro de Castro Gomide

Orientadora de metodologia: Prof^a Dra.
Jocilene F da Costa

BELO HORIZONTE

Julho/2018

Unidade Floresta

Rua Aquiles Lobo, 524 • Bairro Floresta • CEP 30150-160 • Belo Horizonte • MG
Telefax (31) 3274-1974 • www.feamig.br • E-mail: feamig@feamig.br

Unidade Gameleira

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837 • Bairro Gameleira • CEP 30510-120 • Belo Horizonte • MG
Telefax (31) 3372-3703 • www.feamig.br • E-mail: feamig@feamig.br



Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CÁLCULO DE VOLUME OBTIDO A PARTIR DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO POR DIFERENTES TIPOS DE EQUIPAMENTOS**, de autoria do(s) aluno(s) **Diego Rocha Costa, Eder Augusto Campos, Marília Elizabete Soares Brasileiro, Rafaela Cristina de Souza Neto**, aprovado(s) pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Esp. Evandro de Castro Gomide
Orientador

Prof. Ms. Wilson José Vieira da Costa
Membro da Banca

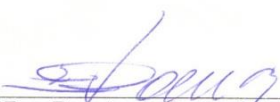
Prof. Ms. Raquel Ferreira de Souza
Membro da Banca

Belo Horizonte, 02 de Julho de 2018.


A Revista Paramétrica recebeu, na plataforma OJS de editoração científica, o artigo intitulado **“ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CÁLCULO DE VOLUME OBTIDO A PARTIR DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO POR DIFERENTES TIPOS DE EQUIPAMENTO”** de autoria de **Diego Rocha Costa, Eder Augusto Campos, Marília Elizabete Soares Brasileiro, Rafaela Cristina de Souza Neto, Evandro de Castro Gomide** que entrará no processo de avaliação no sistema de revisão cega (*double blind review*), feita por avaliadores *ad hoc*, cuja possibilidade de publicação demandará, além da adequação do artigo às diretrizes da revista, também na responsabilidade dos autores, de correção de todas as revisões sugeridas pelos avaliadores.

A posse deste termo poderá ser utilizada para atribuição de nota e isenção da banca examinadora na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II), conforme previsto na Portaria CGC nº 05, de fevereiro de 2018.


Belo Horizonte, 07 de junho de 2018




Prof. Esp. Evandro de Castro Gomide
Orientador de Conteúdo
Assinatura



Profa. Dra. Jocilene Ferreira da Costa
Orientador de Metodologia
Assinatura



Prof. Ms. Wilson José Veira da Costa
Editor
Assinatura



Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza
Editor de Texto
Assinatura

Os autores atestam a concordância dos orientadores de conteúdo e de metodologia de que o artigo é original e contribui para o avanço do conhecimento nas áreas de Engenharias, Arquitetura, Administração e Tecnologias, estando em condições de serem avaliados para publicação nos próximos volumes da Revista.



Autores
Assinaturas

BRASILEIRO, Marília Elizabete soares

CAMPOS, Eder Augusto

COSTA, Diego Rocha

NETO, Rafaela Cristina de Souza

Estudo comparativo entre o cálculo de volume obtido a partir de levantamento topográfico realizado por diferentes tipos de equipamento

Belo Horizonte, Abril, 2018.

Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, 2018

Orientador: Prof ° Especialista Evandro de Castro Gomide

DEDICATORIA

Aos nossos familiares que sempre nos incentivaram para a realização dos nossos sonhos e ideais. Aos nossos amigos pelo apoio incondicional. Àqueles que conosco trilharam e acreditaram no nosso sucesso.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida e por ter nos ajudado nos momentos mais difíceis.

Aos nossos familiares, em especial os pais que nos ensinaram a seguir sem medo e sempre se fizeram presentes, dando o apoio fundamental para realizarmos o sonho de sermos engenheiros.

Aos professores da FEAMIG, especialmente o profº Pedro Donizete Parzzanini que comprometeu tempo e dedicação, por ter compartilhado experiências para que nossa formação fosse qualificada.

Ao orientador Evandro de Castro Gomide que demonstrou paciência, competência, zelo e desde o início acreditou na nossa capacidade para concluirmos essa etapa.

À mineração Pedras Congonhas, sobretudo ao engenheiro Marco Túlio Arthuso Teixeira pela nobre recepção na mineração, pela atenção, dedicação e todo apoio para realizarmos a parte prática desse trabalho.

À CPE que contribuiu com os equipamentos, e essencialmente à Eng. Aline Milagres que nos deu todo o apoio necessário e se preocupou com a nossa formação.

E, por fim, todos que não nos deixaram desistir e nos apoiou nas incansáveis horas de estudo. As alegrias de hoje são graças aos amores, estímulos e carinhos que fizeram essa caminhada mais fácil.

“Todas as coisas fluem sem cessar como um rio, sem descanso, noite e dia.”

Confúcio (-550- 478 a.C).

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2.	OBJETIVO	18
1.2.1.	OBJETIVO GERAL	18
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3.	JUSTIFICATIVA	18
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1.	Formas de representação da Terra	20
2.1.1	Superfície Topográfica:	21
2.1.2.	Plano Topográfico	22
2.1.3.	Esfera.....	22
2.1.4.	Elipsóide.....	22
2.1.5	Geóide.....	22
2.2.	Sistemas de referência	22
2.3.	Datum.....	23
2.3.1	WGS84.....	23
2.3.2.	Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)	24
2.3.2.1.	SIRGAS2000:	24
2.3.3.	Transformação de coordenadas entre os sistemas WGS84 e SIRGAS2000.....	25
2.4.	Sistemas de Coordenadas	25
2.5.1.	Sistema de coordenadas geodésicas.....	25
2.5.2.	Sistema de coordenadas cartesianas	26
2.5.3.	Sistema de coordenadas UTM.....	27
2.5.4.	Sistema de coordenadas topográficas	30
2.6.	Tipos de Levantamentos	30
2.6.1.	Levantamentos Geodésicos	31
2.6.2.	Levantamento Topográfico.....	31
2.7.	Transformação de coordenadas	32
2.8.	Cálculo de volume	33
2.8.1.	Métodos para cálculo de volume.....	33
2.8.1.1.	Cálculo de Volume através do modelo digital do terreno (MDT).....	33

2.8.1.2.	Cálculo de volume por seção.....	34
2.9.	Equipamentos topográficos	36
2.9.1.	Receptor <i>Global Navigation Satellite System</i> (GNSS)	36
2.9.1.1.	GPS	36
2.9.1.2.	GLONASS.....	37
2.9.1.3.	RTK.....	37
2.9.2.	RPA (Aeronave remotamente pilotada).....	39
2.9.2.1.	Definições	39
2.9.2.2.	Princípio de funcionamento.....	39
2.9.2.3.	Legislação.....	41
2.9.3.	<i>Laser scanner terrestre</i>	42
3.	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	44
3.1.	O ambiente em estudo	46
3.2.	Equipamentos e softwares utilizados	47
3.2.1	Receptor GNSS <i>Triumph 1 – Javad – modo RTK</i>	47
3.2.2.	RPA - <i>Phantom 4 Pro – DJI</i>	48
3.2.3.	<i>Laser scanner VZ 2000 – RIEGL</i>	49
3.2.4.	<i>Riscan Pro</i>	49
3.2.5.	<i>Agisoft PhotoScan</i>	50
3.2.6.	<i>TopoGRAPH (TG98)</i>	50
3.3.	Coleta de dados	50
3.3.1.	Receptor GNSS	50
3.3.2	RPA.....	52
3.3.3.	<i>Laser scanner</i>	54
3.4.	Formas de análise de dados	55
3.4.1.	Correção dos pontos RTK.....	55
3.4.2.	Conversão de coordenadas UTM para Topográficas.....	57
3.4.3.	Processamento dos dados da RPA	58
3.4.4.	Processamento dos dados do <i>laser scanner</i>	61
3.5.	Limitação de pesquisa	61
4.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	63
4.1.	Determinação do volume da pilha de estéril através do MDT utilizando os objetos de estudo.....	63

4.2. Apresentação das vantagens e desvantagens do emprego de cada um dos equipamentos no levantamento topográfico realizado para fins de cálculo de volume.

69

4.2.1. Receptor GNSS69

4.2.2. RPA.....70

4.2.3. *Laser Scanner*.....70

4.3. Comparar resultados do cálculo de volume realizado pelo método das seções e pelo método do modelo digital do terreno (MDT)70

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS72

REFERÊNCIAS.....73

APÊNDICES79

APNDICE A: Pontos coletados no modo RTK para fins de cálculo de volume (coordenadas UTM)79

APÊNDICE B :Pontos de controle do RPA – coordenadas UTM85

APÊNDICE C: Pontos de tomada do *laser scanner* – coordenadas UTM.....86

APÊNDICE D: Pontos no modo RTK para fins de cálculo de volume – coordenadas Topográficas e altitude ortométrica87

APÊNDICE E: Pontos de controle do RPA – coordenadas Topográficas93

APÊNDICE F: Pontos de tomada do *laser scanner* – coordenadas Topográficas94

ANEXOS95

ANEXO A: Especificação técnica do receptor GNSS Triumph 1 – JAVAD95

ANEXO B: Especificação técnica da RPA - *Phantom 4 Pró* – DJI98

ANEXO C: Especificação técnica do Laser Scanner VZ 2000 – RIEGL99

ANEXO D: ARTIGO CIENTÍFICO 100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formas da Terra	21
Figura 2 - Sistema de coordenadas Cartesianas	27
Figura 3 - Projeção conforme Gauss.....	28
Figura 4 - A origem do Sistema de coordenadas de cada fuso.....	28
Figura 5 - Fusos e zonas UTM.....	29
Figura 6 - Deformações do Sistema de projeção UTM	29
Figura 7 - Modelo Digital do Terreno.....	34
Figura 8 - Seções Paralelas	35
Figura 9 - Sobreposição Longitudinal.....	40
Figura 10 - Faixa de voo e sobreposição longitudinal e lateral	40
Figura 11 - Classificação dos Drones - ANAC.....	42
Figura 12 - Organograma da metodologia	45
Figura 13 - Área levantada.....	46
Figura 14 - Pilha de estéril - Área levantada	47
Figura 15 - Receptor GNSS Triumph 1- JAVAD.....	48
Figura 16 - Phantom 4 Pró - DJI.....	48
Figura 17 - Laser Scanner VZ 2000 - Riegl.....	49
Figura 18 - Receptor GNSS (Base) instalado em campo.....	51
Figura 19 – Coletora Victor - JAVAD.....	51
Figura 20 - DroneDeploy, plataforma de criação de planos de voos.....	53
Figura 21 – Ponto de Controle	53
Figura 22 - Receptor GNSS acoplado ao Laser scanner	55
Figura 23 - Resultado do Processamento no IBGE - PPP	56
Figura 24 – Resultado após o alinhamento das fotos	59
Figura 25 - Ponto de controle antes da validação	59
Figura 26 - Ponto de Controle Validado	60
Figura 27 - Pontos de controle Validados	60
Figura 28 – Erro total do levantamento com RPA	61
Figura 29 - Primitivo de referência para cálculo de volumes.....	63
Figura 30 - MDT do primitivo de referencia	64
Figura 31 - Nuvem de Pontos obtida pelo receptor GNSS.....	65

Figura 32 - MDT dos pontos obtidos através do receptor GNSS	66
Figura 33 – Nuvem de Pontos obtida pela RPA	67
Figura 34 - MDT dos pontos obtidos através da RPA	67
Figura 35 - Nuvem de Pontos obtida pelo laser scanner.....	68
Figura 36 - MDT dos pontos obtidos através do laser scanner	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros do elipsoide do WGS84	24
Quadro 2 – Resultado dos volumes obtidos através dos três equipamentos	71
Quadro 3 – Comparativo de resultados dos volumes obtidos através dos três equipamentos e o percentual de diferença	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIC – Circular de Informações aeronáuticas

ANAC – Agência Nacional de aviação civil

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

AVOMD – Autorização de voo do ministério da defesa

DECEA – Departamento de controle do espaço aéreo

DGPS – *Differential Global Position System*

GLONAS – Sistema de navegação global por satélite desenvolvido pela Rússia

GNSS – Global Navigation Satellite Systems ou Sistema Global de Navegação por Satélite

GPS – Sistema de posicionamento global

MD – Ministério da defesa

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDT – Modelo Digital do Terreno

NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

RIEGL – Empresa fabricante do laser scanner terrestre RIEGL

RPA – *Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronave remotamente pilotada

RTCM – *Radio Technical Commission for Maritime Services*

RTK - *Real Time Kinematic* ou Posicionamento cinemático em tempo real

UHF – *Ultra High Frequency* ou *Frequência ultra alta*

UTM – Projeção Universal Transversa de Mercator

VHF – *Very High Frequency* ou *Frequência muito alta*

RESUMO

Ao longo dos últimos anos, a topografia passou por significativos e constantes avanços tecnológicos, sobretudo no que se refere à evolução dos instrumentos utilizados para coletar e representar o relevo terrestre. Tendo em vista, os impactos ocasionados pela escolha dos equipamentos de medição, tanto na precisão quanto no nível de detalhes com que se obtém o modelo da superfície terrestre, verifica-se a necessidade de um estudo técnico que compare os resultados obtidos no cálculo de volumes a partir de levantamentos topográficos realizados por diferentes tipos de equipamentos. A esta pesquisa coube, comparar os resultados obtidos pelos seguintes instrumentos: receptores dos sinais GNSS, *laser scanner* e RPA, (popularmente conhecido como VANT ou DRONE). Os resultados encontrados indicam que o *laser scanner* e o RPA representaram melhor os detalhes do terreno, garantindo que o cálculo de volume seja mais próximo da realidade e viabilizando, assim, obras de engenharia.

Palavras-chave: *laser scanner* terrestre; RPA; receptor GNSS; comparativo de cálculo de volumes.

ABSTRACT

Over the last few years, topography has undergone constant and significant technological advances, especially with regard to the evolution of the instruments used to collect and represent the earth's surface. In view of the impacts caused by the choice of the measurement equipment, both in precision and in level of detail with which one obtains the model of the terrestrial surface, there is a need for a technical study that compares the results obtained in the calculation of volumes from topographic surveys carried out by different types of equipment. This research seeks to compare the results obtained by the following instruments: GNSS signal receiver, laser scanner and RPA (commonly known as VANT or DRONE). The results indicate that laser scanner and RPA represent better the details of the terrain, ensuring that volume calculation is closer to reality and thus enabling engineering works.

Keywords: terrestrial laser scanner; RPA; GNSS receiver; comparative calculation of volumes.

1. INTRODUÇÃO

A representação do ambiente, sempre foi uma questão de sobrevivência e desenvolvimento para o homem, no passado era feita pela observação e descrição do meio, atualmente tendo em vista, todos os avanços tecnológicos ocorridos na engenharia de agrimensura, a exigência por levantamentos topográficos que sejam mais rápidos e precisos é cada vez maior, principalmente no que tange a representação do relevo terrestre para fins de projetos de engenharia e para implantação de obras. Tal exigência se justifica, uma vez que, quanto mais detalhado e preciso for o levantamento topográfico, mais assertivos serão os cálculos dos orçamentos necessários para a viabilização das obras e menos erros serão cometidos durante a sua implantação, o que, reduz retrabalhos e por consequência os custos da obra. A parte mais significativa do orçamento de obras que demandam movimentação de terra, concentra-se nos pagamentos dos volumes transportados.

Além das obras de engenharia, o cálculo preciso de volumes também é de suma importância, por exemplo, nas minerações, onde todo o material extraído é armazenado em pilhas a céu aberto ou em galpões e comercializado por peso, em toneladas, sendo calculado em função do volume e da densidade do material.

A determinação do volume preciso de um material está diretamente relacionado à precisão do levantamento topográfico sobre o qual, será feito o cálculo. Como já dito, os equipamentos de medição, passaram por grande evolução, o que, contribui de forma direta para que esses trabalhos sejam feitos em menor tempo e de forma mais detalhada e precisa.

Os instrumentos convencionais, por exemplo, teodolito e estação total, proporcionam menor produtividade e menor precisão com relação a representação do terreno a ser levantado quando comparados aos novos, como receptores GNSS, laser scanner e aeronave remotamente pilotada. Alguns profissionais da engenharia de agrimensura ainda fazem uso dos equipamentos convencionais, em grande parte devido à falta de conhecimento para manusear este equipamentos mais modernos e lidar com os dados gerados pelo mesmo. Esse avanço tecnológico na área de agrimensura

ocorreu em grande velocidade e muitos profissionais não conseguiram acompanhar este desenvolvimento e ficaram defasados no uso destas novas tecnologias.

Uma outra razão para que profissionais e empresas ainda não usem toda a tecnologia disponível se deve ao fato de que, algumas ainda são muito caras, como é o caso do scanner, pois mesmo sendo mais produtivo e preciso muitos profissionais e empresas somente buscam usá-lo em serviços no qual o seu uso é uma exigência do contratante ou que pela natureza dos serviços a serem executados o uso do scanner se torne um grande diferencial de precisão, prazo de entrega e custo operacional. Assim como aconteceu com outros equipamentos como a estação total e os receptores GNSS, o que se espera para os próximos anos com o aumento da concorrência, tanto entre os fabricantes de laser scanner quanto de outras tecnologias como RPA, é uma redução do preço do laser scanner, tornando cada vez mais viável o seu uso.

Portanto, diante dos avanços tecnológicos ocorridos na área da topografia, torna-se relevante este estudo que, busca identificar os impactos econômicos e profissionais ocasionados pela seleção dos equipamentos de medição a serem usados em levantamentos topográficos que tem por finalidade o cálculo de volumes. Para tanto, foram analisado três tipos de equipamentos levando se em consideração, a precisão dos resultados obtidos, o tempo de execução e o custo benefício de cada um. Desta forma, será demonstrado de maneira detalhada o comparativo do cálculo de volumes com os instrumentos abordados e as possíveis consequências devido à escolha dos mesmos.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Existem diferenças significativas nos resultados do cálculo de volume obtidos através de levantamento topográfico realizado por diferentes tipos de equipamentos?

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Comparar resultados de cálculo de volume obtido através de levantamentos topográficos realizados por receptores dos sinais GNSS (*Global Navigation Satellite Systems* ou Sistema Global de Navegação por Satélite) no modo RTK (*Real Time Kinematic* ou Posicionamento cinemático em tempo real), RPA (*Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronave remotamente pilotada) e *laser scanner* terrestre, buscando identificar, para a área de estudo, o equipamento mais adequado, levando em consideração o custo benefício, o tempo de execução do serviço e a precisão dos resultados obtidos.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar o volume de uma pilha de estéril pelo método do modelo digital do terreno (MDT), utilizando os aparelhos objetos de estudo.
- b) Apresentar vantagens e desvantagens do emprego de cada um dos equipamentos no levantamento topográfico para fins de cálculo de volume.
- c) Comparar resultados do cálculo de volume realizado pelo método das seções e pelo método do modelo digital do terreno (MDT).

1.3. JUSTIFICATIVA

Em conversas com profissionais que fazem trabalhos de cálculo de volumes e empresas contratantes deste serviço, observou que, apesar das exigências cada vez maiores do mercado em resultados mais precisos, mais ágeis e com menor custo, muitos prestadores de serviço continuam a usar os métodos e equipamentos tradicionais, mesmo em áreas onde as novas tecnologias como o Laser Scanner e RPA parecem ser mais adequadas para atender as necessidades de seus clientes relacionadas à otimização e redução dos custos do trabalho.

Quando se trata de material de apoio no setor de topografia, principalmente no que tange levantamento topográfico comparando a eficácia dos equipamentos existentes no mercado de trabalho, como por exemplo, receptor GNSS, *laser scanner* e RPA, observa-se que existe grande falta para embasamento acadêmico e profissional.

Este fato motivou os autores a estudar melhor este assunto, a fim de se ter uma consciência dos resultados que podem ser alcançados por cada tipo de equipamento e ter subsídios em suas vidas profissionais para uma tomada de decisão acerca de qual equipamento utilizar para este tipo de trabalho. Fato este que possui relevância social, ambiental, acadêmica e profissional para o engenheiro Agrimensor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Levando em consideração os estudos e pesquisas realizadas pode-se aferir que todo trabalho científico tem como base um referencial teórico que sustente e delimite a pesquisa em curso, possibilitando à mesma credibilidade e consistência dos fatos abordados (GIL, 2016).

Como neste estudo, os equipamentos utilizados coletam dados com os quais é possível determinar coordenadas considerando diferentes formas de representação da Terra e, por consequência, em diferentes sistemas de referência, e tendo em vista que, todos os cálculos de volumes deverão ser processados a partir de um único referencial, torna-se imprescindível conhecer as formas de representação da Terra, os sistema de referência e tipos de coordenadas a elas associadas que são utilizados por cada tipo de equipamento.

O referencial teórico também fornece suporte ao entendimento de como estes sistemas de referência se relacionam entre si, a fim de que, as coordenadas obtidas originalmente por cada tipo de equipamento sejam convertidas ou transformadas para um único sistema de referência, sobre o qual serão efetuados todos os cálculos de volumes. Neste estudo, o sistema de referência escolhido para representação final de todos os levantamentos e conseqüentemente para o cálculo de todos os volumes é o sistema topográfico local, pois este, não apresenta, para pequenas porções da superfície terrestre, deformações lineares e angulares que possam interferir nos cálculos dos volumes.

Além de todos estes assuntos, também são abordados no referencial teórico os métodos comumente utilizados para o cálculo de volumes e aspectos técnicos a respeito dos equipamento utilizados.

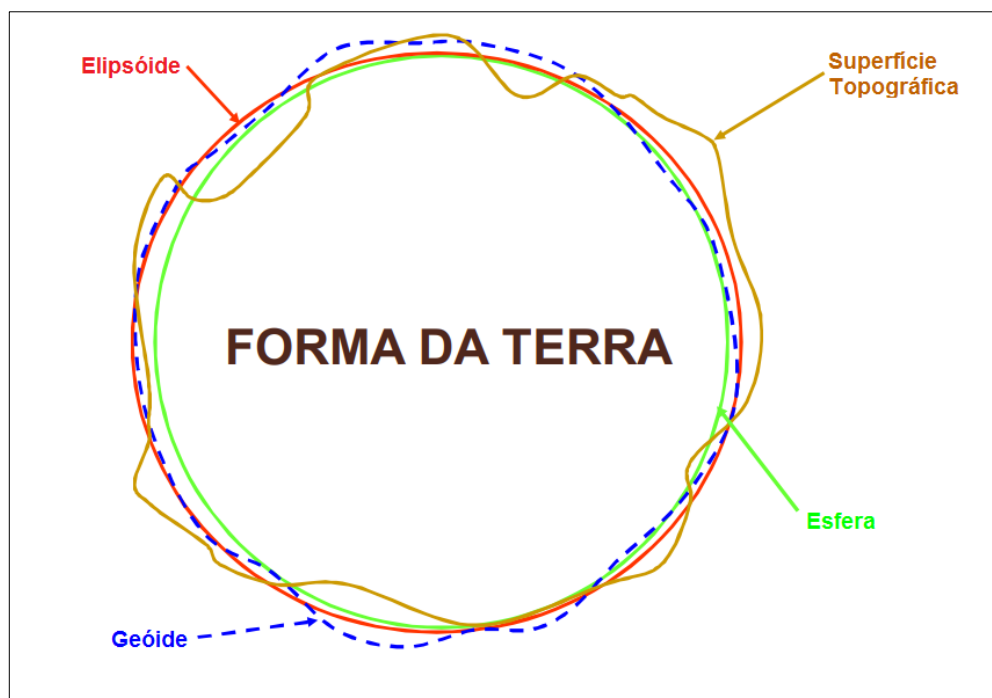
2.1. Formas de representação da Terra

“A Terra não é uma esfera perfeita, mesmo que fosse seria impossível representá-la num plano sem distorções. (SANTOS, 2017)

A especulação sobre a forma de representação da Terra ocorre desde os primórdios da civilização, o homem sempre teve a necessidade de conhecer a área na qual as suas atividades seriam desenvolvidas (ERBA, 2003).

Diante de pesquisas e estudos sabe-se hoje que a terra tem na verdade uma forma bastante complexa, não sendo possível representá-la apenas de uma forma, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Formas da Terra



Fonte: Marques, (2012)

2.1.1 Superfície Topográfica:

Também conhecida como superfície física, é nessa superfície do terreno que são executadas as medições e observações que constituem o objeto a ser descrito pela topografia (ERBA, 2003).

2.1.2. Plano Topográfico

Segundo Timbó (2001), esta é a forma mais sucinta de representação, sendo utilizada apenas para representações locais, ou seja, áreas de menores dimensões, e todas as medidas feitas no terreno, são somente projetadas em um plano horizontal. Esta é forma de representação da terra utilizada para trabalhos topográficos.

2.1.3. Esfera

Ao observar uma fotografia do planeta Terra, tirada a uma longa distância, a superfície terrestre parece lisa, obtendo assim uma primeira impressão, de forma esférica. (ERBA, 2003). Em cartografia a terra é representada por uma esfera.

2.1.4. Elipsóide

Permite maior precisão de representação da Terra, por se tratar de uma forma matemática que mais se aproxima da verdadeira forma da superfície terrestre (TIMBÓ, 2001). Está é a forma matemática adotada pelos geodestas para representar a terra.

2.1.5 Geóide

É constituída pelo prolongamento do nível médio dos mares, sendo a melhor representação da forma da Terra, no entanto, não possui uma forma matemática bem definida (SARAIVA; TULER, 2014). É a superfície utilizada como referência para as altitudes ortométricas.

2.2. Sistemas de referência

“Sistema de referência é o conjunto de parâmetros e convenções que definem uma época específica e os três eixos de um sistema de coordenadas”(SANTOS, 2017, p;9)

Como o elipsoide é a forma matemática que mais se aproxima da forma real da Terra, ele está diretamente relacionado com os sistemas de referência. O conjunto de

parâmetros que relaciona um elipsoide local e um sistema de referência geodésico, é chamado de Datum geodésico (SARAIVA; TULER, 2014).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o sistema de referência é constituído por uma figura geométrica que expressa as características da superfície terrestre, que permite a localização única de cada ponto da superfície, em função de suas coordenadas tridimensionais e deve ser materializado por uma rede de estações geodésicas.

Segundo Freitas (1980, p.23), “do ponto de vista físico, um referencial é o conjunto de um ou mais eixos com orientação definida no espaço e com escala adequada, onde, através deste, uma posição ou uma orientação possa ser definida sem ambiguidade”.

Certo ponto referenciado a determinado sistema de referência, com seus respectivos parâmetros, terá suas coordenadas modificadas ao alterar o seu sistema de referência de origem. Essa transformação, recebe o nome de transformação de data geodésicos (SARAIVA; TULER, 2014).

2.3. Datum

O DATUM é definido por um conjunto de parâmetros e constantes, incluindo a origem, orientação e escala que definem um sistema de coordenadas a fim de simplificá-las para empregar na geodésia e cartografia. (SANTOS, 2017)

2.3.1 WGS84

WGS 84 (*World Geodetic System 1984*) – Sistema geodésico geocêntrico desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. É o sistema de referência atualmente utilizado pelo GPS. No desenvolvimento do WGS-84, utilizaram-se como base os parâmetros do sistema geodésico de referência de 1980(NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY, 1984). (SARAIVA, TULER, TEIXEIRA, 2017, p.45)

O WGS 84 é o sistema de referência associado ao GPS. A origem desse sistema é o centro de massa da Terra, composto por eixos X, Y e Z. (MONICO, 2008)

O Quadro 1, contém caracterização do elipsóide usado por este sistema.

Quadro 1 - Parâmetros do elipsóide do WGS84

Descrição	Parâmetros
Semi-eixo maior	a= 6.378.137,000m
Semi – eixo menor	b= 6.356.752,314m
Achatamento	f= 1/298,257223563
Excentricidade	e ² = 0,0066943801
Segunda Excentricidade	e' ² = 0,0067394968

Fonte: IBGE, (2016)

2.3.2. Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

De acordo com Monico (2007) o IBGE é o órgão responsável pela definição e implantação do Sistema Geodésico Brasileiro e as redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica são componentes principais do SGB.

O Sistema Geodésico Brasileiro é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país – pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam (IBGE, 1983, p.2).

2.3.2.1. SIRGAS2000:

Segundo Gonçalves, Madeira e Souza (2008) o sirgas 2000 utiliza a precisão que é permitida pela tecnologia de posicionamento por satélite com o objetivo de compatibilizar os sistemas geodésicos da América do Sul.

De acordo com o IBGE, (2016), O SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é oficialmente o sistema geodésico de referência adotado pelo Brasil. O IBGE observa que quando emprega-se sistemas que não são respaldados na lei podem ocorrer inconsistências e imprecisões nos dados de diferentes bases combinadas.

O Sistema de Referência SIRGAS2000, possui os seguintes parâmetros: (IBGE, 2016)

- Elipsóide: GRS-80
- Semieixo maior: 6.378.137,000
- Achatamento: 1/298.257222101
- Origem: Geocêntrico;
- Ponto Datum: Centro de Massa da Terra;

2.3.3. Transformação de coordenadas entre os sistemas WGS84 e SIRGAS2000

Segundo o IBGE Atualmente não existem parâmetros de transformação entre WGS 84 e SIRGAS2000 porque eles são praticamente iguais, ou seja, as translações a serem aplicadas nos eixos das coordenadas cartesianas são todas nulas, $DX = 0$, $DY = 0$ e $DZ = 0$. Portanto, ao se determinar as coordenadas geodésicas de um ponto com um receptor GNSS tendo como referência o WGS84, as coordenadas deste ponto terão o mesmo valor numérico no SIRGAS2000.

2.4. Sistemas de Coordenadas

“Sistema de Coordenadas: É um conjunto de linhas de referência que cobrem a superfície (esférica, elipsoidal, cartesiana) com a finalidade de permitir a localização precisa de qualquer ponto sobre a mesma.” SANTOS, 2017, p.10 (grifo do autor)

Fulgêncio (2006, p.170) cita que “coordenadas são valores lineares ou angulares que indicam a posição ocupada por um ponto em um sistema de referência”.

Para que seja possível determinar as posições de pontos na superfície terrestre, é necessário que eles tenham uma relação espacial. Por este motivo, é importante que hajam os sistemas de coordenadas (ERBA, 2003).

2.5.1. Sistema de coordenadas geodésicas

De acordo com Saraiva e Tuler (2014) O sistema de coordenadas geodésicas (ou elipsoidais) – tem como referência o elipsoide e são determinadas por levantamentos geodésicos. As coordenadas geodésicas curvilíneas são a latitude geodésica (ϕ) e longitude geodésica (λ) e sua componente vertical é altitude elipsoidal (h).

A latitude geodésica, é o ângulo formado entre a normal e sua projeção equatorial no elipsoide. A longitude geodésica é o ângulo formado entre os meridianos de Greenwich e o meridiano geodésico do ponto. Já a altitude elipsoidal é a distância contada sobre a normal ao elipsoide desde a superfície física da terra até a superfície do elipsoide.

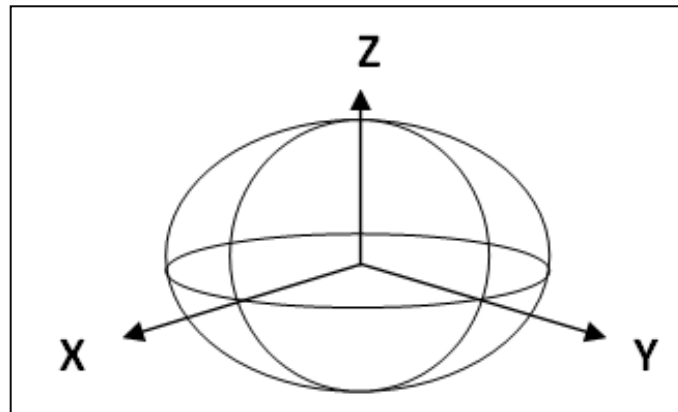
2.5.2. Sistema de coordenadas cartesianas

Segundo Pimentel (2012, apud DAL'FORNO, 2010, p.02), o sistema de coordenadas cartesiano tridimensional (X,Y,Z) é constituído de três eixos perpendiculares, com sua origem na intersecção dos eixos do elipsoide e localizado no centro de massa da Terra.

O plano formado pelos eixos cartesianos X e Y coincide com o plano equatorial. O eixo X é definido pela origem do sistema de coordenadas e o ponto gerado pela intersecção do plano do Equador e o meridiano de Greenwich. Neste é positivo. O eixo Y, também situado no plano equatorial, é ortogonal ao eixo X e positivo na direção Leste (E). O eixo Z é paralelo ao eixo médio de rotação da terra definido pelo polo convencional terrestre, e positivo na direção do norte. (PIMENTEL 2012, apud DAL'FORNO, 2010, p.02)

O sistema de coordenadas cartesianas está representado na Figura 2.

Figura 2 - Sistema de coordenadas Cartesianas



Fonte: os autores, (2018)

Santos (2017) afirma que o sistema de coordenadas cartesianas é utilizado no posicionamento de satélites e também nas transformações de coordenadas e datum, entretanto, não é utilizado para mapeamentos e cartografia, pois suas coordenadas apresentam valores negativos sendo este um inconveniente para o seu uso.

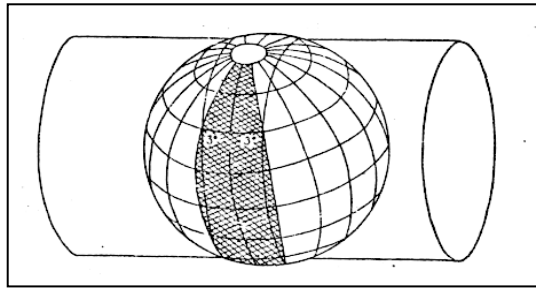
2.5.3. Sistema de coordenadas UTM

Segundo Santos, (2017) o sistema UTM é universal, por ser um sistema de projeção único para todo o globo e, transversa devido a posição ortogonal do eixo do cilindro em relação ao eixo de rotação do elipsoide, o idealizador da projeção é Mercator, considerado um pai da cartografia.

De acordo com Saraiva e Tuler (2014) a União Internacional de Geodésia e Geofísica propôs a escolha de um sistema cartográfico universal e foi proposto o sistema UTM, cujas especificações são:

- Projeção conforme Gauss: cilíndrica, transversa e secante (Figura 3)

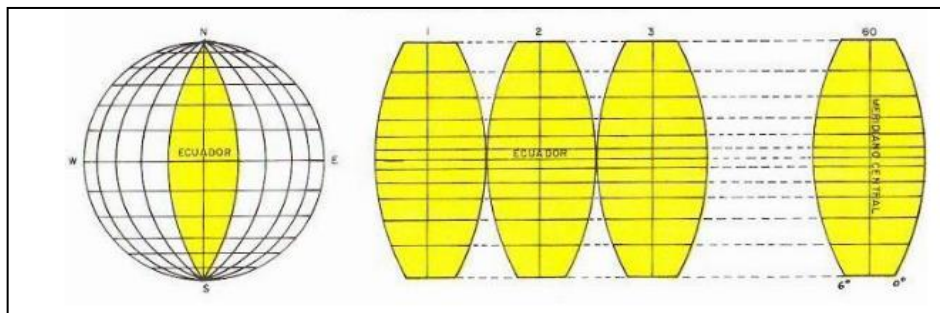
Figura 3 - Projeção conforme Gauss



Fonte: SARAIVA; TULER, (2014)

- Sistemas parciais, correspondendo a fusos de 6° de amplitude, sendo portanto um total de 60 fusos, tendo como origem o antimeridiano de Greenwich. (Figura 4)

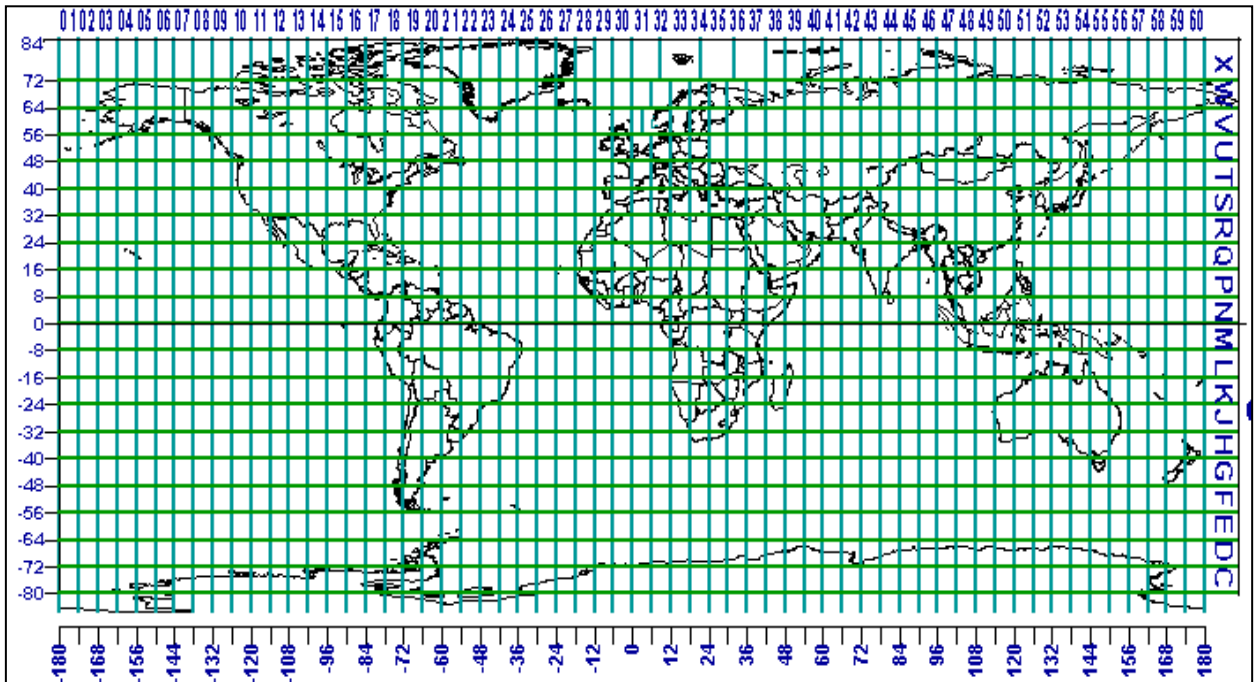
Figura 4 - A origem do Sistema de coordenadas de cada fuso



Fonte: Universidade Federal Fluminense, s.d.

- Extensão da latitude para regiões compreendidas entre 80°N e 80°S .
- A origem do sistema de coordenadas planas se dá no cruzamento do meridiano central de cada fuso com o equador.
- As coordenadas recebem os nomes de (E) Este para o eixo das abscissas e (N) Norte para as ordenadas. Na origem do sistema, a coordenada Este recebe o valor de 500.000,00m e a coordenada Norte recebe o valor de 10.000.000,000m para o hemisfério sul e 0,000m para o hemisfério norte. Estes valores foram atribuídos à origem do sistema, para evitar que as coordenadas tenham valores negativos.
- Os fusos variam de 1 a 60, contados a partir do antimeridiano de Greenwich de oeste para leste, conforme Figura 5.

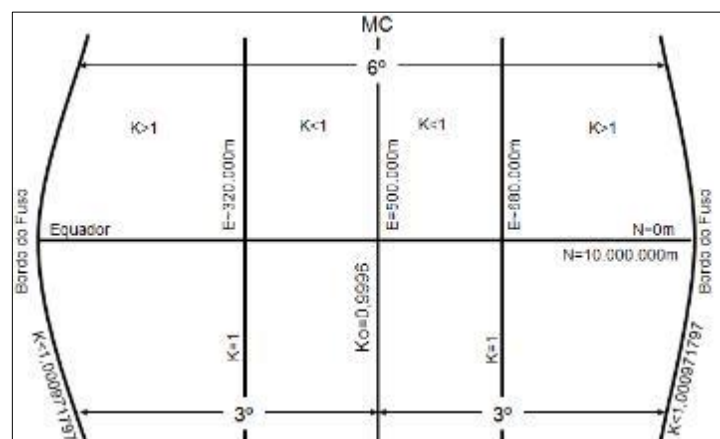
Figura 5 - Fusos e zonas UTM



Fonte: Arredondo, González, Nieves, Rivera Seingier, Velázquez, 2013, p.43

De acordo com Gonçalves, Madeira e Sousa (2008), é utilizado um fator de escala no meridiano central (k) de forma a equilibrar as deformações. (Figura 6). No meridiano central (MC), o coeficiente de redução de escala $K = 0,9996$.

Figura 6 - Deformações do Sistema de projeção UTM



Fonte: Koerich, (2012)

De acordo com Santos (2017) os critérios adotados para o desenvolvimento das coordenadas UTM foram:

- Área mapeada contínua;
- Não ultrapassar tolerâncias de escalas para minimizar os erros;
- Sistema ortogonal, cujas áreas possuem um único sistema de coordenadas plano retangulares;
- Convergência meridiana não ultrapassar 5°;
- Possibilidade de prolongamento de fuso sobre fusos adjacentes em até trinta minutos. Essa área de sobreposição facilita o trabalho em campo quando se trata de atividades cujas áreas de interesse estejam no limite entre fusos.

“O sistema UTM é muito empregado em todas as regiões urbanas e rurais, por se tratar de um sistema global (e não local ou regional). Atente para o fato de que o sistema UTM se trata de uma projeção cartográfica, que, por definição, mantém os ângulos (conforme), mas deforma as distâncias. Logo, uma distância retirada de uma carta UTM, ou calculada a partir de dois pontos coordenados UTM, é definida como uma **distância plana UTM**. Tal distância, dependendo da posição em que se encontra no fuso UTM, pode ser maior ou menor, por exemplo, do que a distância horizontal, considerando o campo topográfico.” (SARAIVA; TULER, 2014, p.30, grifo do autor).

2.5.4. Sistema de coordenadas topográficas

"Geralmente, esse sistema tem origem arbitrária, ou seja, são sugeridas coordenadas para o primeiro vértice da poligonal (X, Y e cota), de forma que os demais pontos tenham este como referência para o levantamento". (SARAIVA; TULER, 2014, p. 30). A NBR 14166/98 Rede de Referência Cadastral Municipal da ABNT, define Sistema Topográfico local, como:

Sistema de representação, em planta, das posições relativas de pontos de um levantamento topográfico com origem em um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, onde todos os ângulos e distâncias de sua determinação são representados, em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsoide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem do sistema, no pressuposto de que haja, na área de abrangência do sistema, a coincidência da superfície de referência com a do plano tangente, sem que os erros, decorrentes da abstração da curvatura terrestre, ultrapassem os erros inerentes às operações topográficas de determinação dos pontos do levantamento (NBR 14166, 1998, p. 5).

2.6. Tipos de Levantamentos

2.6.1. Levantamentos Geodésicos

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), regulamenta o levantamento geodésico em território brasileiro e o define como um conjunto de atividades onde se realizam medições e observações físicas e geométricas que levam à obtenção de coordenadas (parâmetros) dos pontos a que se refere (IBGE, 1983).

Os Levantamentos geodésicos levam em consideração a curvatura da superfície da Terra, sendo assim, podem ser utilizados em trabalhos de pequena e grande escala (MCCORMAC, 2007).

2.6.2. Levantamento Topográfico

A Topografia é a ciência que estuda a determinação das dimensões e contornos da superfície da Terra, por meio de medição de distâncias, direções e altitudes. Além das medições de campo, através da Topografia, é possível realizar o cálculo de áreas, volumes e afins (MCCORMAC, 2007).

Segundo Erba (2003), não só a Topografia, mas também, a Geodésia está diretamente ligada aos processos de levantamento e representação da superfície terrestre.

A principal diferença existente entre essas duas ciências, é que, a Topografia estuda o particular, limitando-se à reprodução de áreas com dimensões mais reduzidas, enquanto, a Geodésia, parte para o geral, obtendo informações como forma geométrica, tamanho e campo gravitacional da Terra como um todo (SARAIVA; TULER, 2014). Os mesmos autores citam que, a Geodésia faz com que, os pontos levantados localmente, sejam referenciados globalmente.

A norma técnica brasileira, que regulamenta a execução de levantamentos topográficos é a NBR 13133, de maio de 1994, caracteriza 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 (NBR 13133, 1994, p.3)

Desta forma, Gonçalves, Madeira e Souza (2012), afirmam que o levantamento topográfico é composto por métodos e técnicas que, utilizando equipamentos apropriados, efetuam medições de ângulos e distâncias que possibilitam a representação geométrica de uma porção da superfície terrestre.

Em casos de projetos de mapeamento de grande extensão, é necessário realizar alguns ajustamentos por causa da curvatura da Terra, no entanto, como os levantamentos topográficos são realizados em pequenas áreas, este fator não é levado em consideração (MCCORMAC, 2007).

2.7. Transformação de coordenadas

De acordo com Tuler, Saraiva (2016) as obras de engenharia de pequeno a médio porte se baseiam no plano topográfico e são levantadas, projetadas e locadas nessa superfície física. Quando o levantamento considera um sistema de projeção cartográfico ou outra superfície de referência, como é o caso do GPS que utiliza um sistema geodésico de referência, transformações deverão ser efetuadas para correlacionar essas informações de um mesmo ponto.

A transformação de coordenadas pode ser aplicada em duas situações: No campo e no escritório.

Aplicação de campo: No caso de medição com o sistema GPS, serão obtidas as coordenadas geodésicas que serão transformadas em UTM para a construção de um desenho. Com uma estação total em campo, em que são medidos ângulos horários e distâncias topográficas em uma poligonal (neste caso, essa poligonal terá como referência marcos de saída e de chegada de coordenadas UTM ou geodésicas), as coordenadas dos pontos da poligonal podem ser calculadas no

sistema topográfico ou geodésico e, em seguida, transformadas em UTM para a construção de um desenho. Aplicação de escritório: um desenho pode estar construído em coordenadas UTM, sendo desejadas as respectivas coordenadas geodésicas ou topográficas para a locação em campo. (TULER, SARAIVA, 2016, p 202)

Segundo Saraiva e Tuler (2016), as coordenadas geodésicas são baseadas no elipsoide de referência, já as coordenadas UTM possuem deformações por serem resultantes da projeção cartográfica cilíndrica conforme e, as coordenadas topográficas são obtidas na superfície terrestre (campo topográfico).

Uma transformação entre os sistemas de referência da projeção UTM para o plano topográfico local deve ser executado para, evitar que as deformações de distâncias causadas pela projeção UTM interfiram nos cálculos da área e conseqüentemente do volume de uma determinada porção da superfície terrestre que tenha dimensões compatíveis com o plano topográfico.

2.8. Cálculo de volume

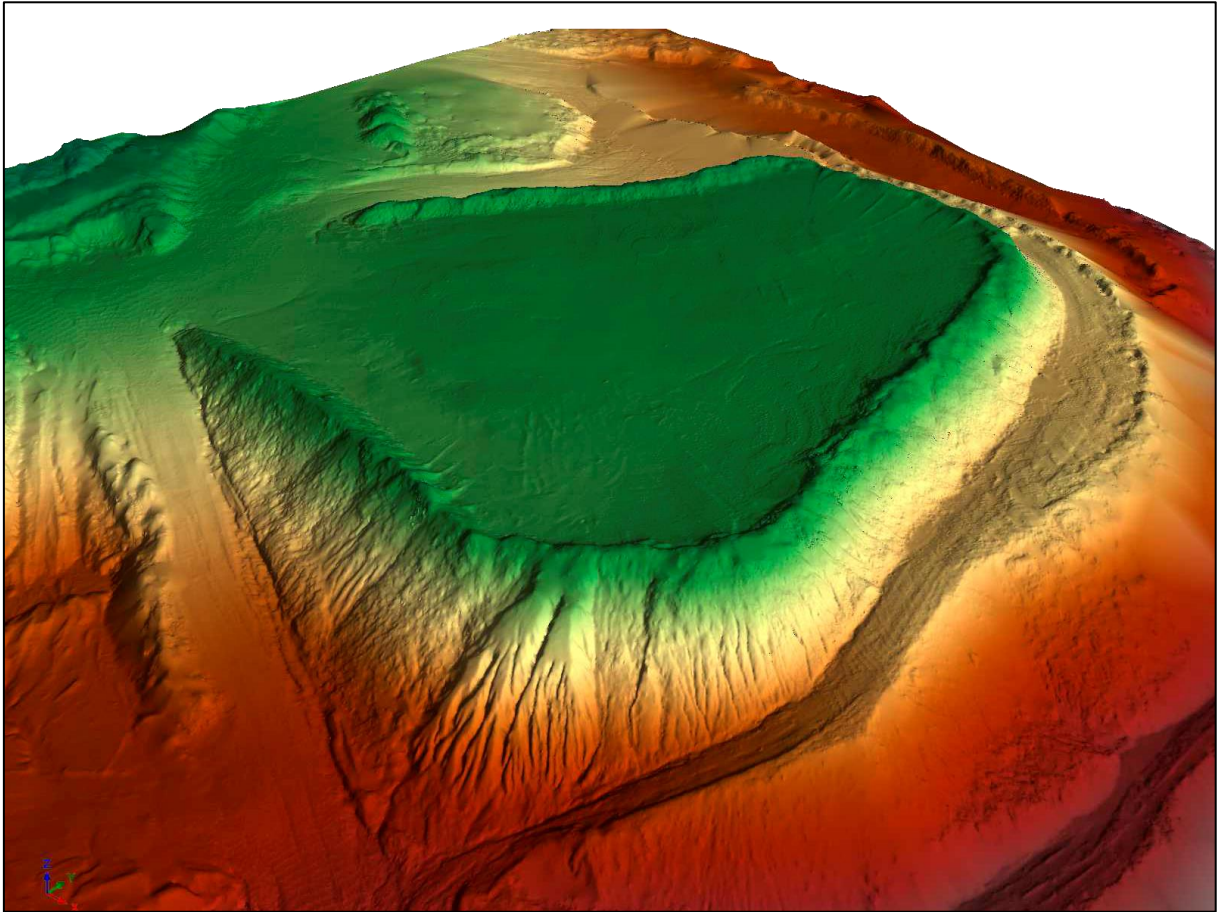
De acordo com Silva (2017) Volume é o espaço ocupado por um corpo ou a capacidade que ele tem de comportar alguma substância. O metro cúbico (m³) é a unidade utilizada para dimensionar o volume.

2.8.1. Métodos para cálculo de volume

2.8.1.1. Cálculo de Volume através do modelo digital do terreno (MDT)

MDT é o processo de modelagem do terreno (Figura 7). De acordo com Santos (p. 92 apud Li et al., 2005) este processo é composto pela coleta de dados e amostras representativas do terreno, estruturação e manipulação das amostras, reconstrução da superfície do terreno através de interpolação.

Figura 7 - Modelo Digital do Terreno



Fonte: Autores, (2018)

De acordo com Simões (1993) a metodologia a ser adotada para cálculo de volume com MDT é:

- Construção de MDT da área de estudo;
- Geração de um MDT modificado ou plano a serem utilizados como superfície de referência para o cálculo do volume;
- Através da diferença entre dois modelos obtém-se o volume;

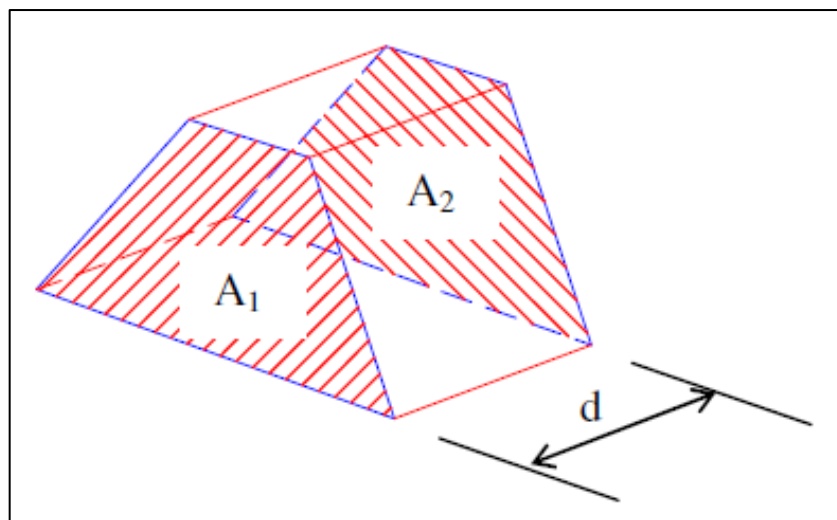
2.8.1.2. Cálculo de volume por seção

“Se o volume a determinar estiver compreendido entre superfícies verticais, como é o caso de volumes a movimentar ao longo de futuros eixos de vias rodoviárias, ele será melhor aproximado pela Fórmula da Seção Média.” (GONÇALVES, MADEIRA, SOUZA, 2012, p. 223)

Também segundo Gonçalves, Madeira e Souza (2012) “Esta fórmula equivale a calcular o volume de um prisma vertical cuja área da base é a área média entre as áreas A1 e A2 e a altura o valor da equidistância”.

De acordo com Veiga (2007) o volume pelo método das seções é calculado de acordo com seções planas paralelas entre si e espaçadas por uma distância “d”, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Seções Paralelas



Fonte: Veiga, (2007 p.30).

A fórmula para o cálculo é:

Fórmula 1

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot d$$

A= área

V= volume

D= distância

2.9. Equipamentos topográficos

O sol, planetas e estrelas por muito tempo foram excelentes fontes de orientação para o homem, entretanto as condições climáticas influenciavam diretamente neste método. Em seguida surgiu a bússola, equipamento que ainda não solucionou todos os problemas, como determinar uma posição em alto mar, uma vez que o astrolábio possibilitava a obtenção da latitude apenas o que ainda sujeitava-se a erros altos. (MONICO, 2008)

“Durante a 1.^a e 2.^a Guerras Mundiais e as guerras da Coreia e do Vietnã, do século XX, foram obtidos importantes avanços no desenvolvimento de equipamentos de topografia necessários para a preparação de mapas. Avanços similares foram obtidos em décadas recentes em relação ao desenvolvimento de mísseis e programas espaciais” (McCOMARC, 2015 p.4)

2.9.1. Receptor *Global Navigation Satellite System* (GNSS)

GNSS (*Global Navigation Satellite System* – Sistema Global de Navegação por satélite) é composto pelos sistemas NAVSTAR-GPS, ou apenas GPS desenvolvido e controlado pelos Estados Unidos da América, GLONASS que pertence a Rússia, o sistema europeu GALILEO e o COMPASS da China. Segundo (MONICO, 2007) o GNSS recebeu este nome em 1991, pela Associação Internacional de Aviação Civil, na 10^o Conferência de Navegação Aérea, reconhecendo a sua importância na navegação aérea para o século XXI (MONICO, 2007).

Atualmente, os sistemas que estão operacionais, ou seja, que são capazes de fornecer as coordenadas tridimensionais de pontos sobre a superfície terrestre a qualquer hora do dia são o GPS e GLONASS.

2.9.1.1. GPS

“Desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos [...] visando a ser o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte- americanas”. (MONICO, 2007, p. 31).

Basicamente, a navegação através do GPS, constitui-se em cálculos de distâncias entre o usuário e quatro satélites. “Conhecendo as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites”. (MONICO, 2007, p. 32).

As coordenadas dos satélites artificiais GPS são determinadas tendo como referência o sistema cartesiano tridimensional, composto por eixos ortogonais (X, Y, Z), (TIMBÓ, 2001, p.19).

2.9.1.2. GLONASS

“Similar ao GPS, o GLONASS foi concebido para proporcionar posicionamento 3-D e velocidade, bem como informações de tempo, sob quaisquer condições climáticas, em nível local, regional e global”. (MONICO, 2007, p. 34)

Segundo Monico (2007) o sistema GLONASS foi criado pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, sendo também, a princípio, para fins militares, mas posteriormente, sendo ofertado ao uso civil.

2.9.1.3. RTK

O RTK (*Real Time Kinematic*) é um dos métodos de posicionamento GNSS mais utilizados atualmente devido a sua precisão, praticidade e velocidade com o que os dados podem ser coletados. Possui o princípio básico da alta correlação dos erros gerados pela ionosfera, troposfera, órbita dos satélites na estação de referência e em uma estação de interesse, também permite a transmissão de dados colhidos ao usuário através de um sistema de comunicação. (ALVES, 2008)

Apesar de todos os benefícios, o uso do RTK, segundo Alves (2008), fica limitado com o comprimento da linha de base aumentada, degradando os resultados e reduzindo a correlação de ionosfera, troposfera e orbita dos satélites podendo tornar o posicionamento inviável.

Segundo Barbosa (2010) essa ocorrência determinou a criação do RTK em Rede, com o objetivo de sanar esta deficiência. Para a utilização do RTK em Rede é necessária uma rede de estações de referência para que as correções fiquem disponíveis ao usuário.

Prina e Trentin (2015) citam Monico (2007) e relatam sobre a precisão do posicionamento e a agilidade do *Real Time Kinematic* (RTK), “se baseia no posicionamento relativo cinemático, com solução em tempo real, sendo processada em receptores móveis, com os dados transmitidos por telemetria com o receptor estacionado sobre a estação base, cujas coordenadas são conhecidas” (PRINA; TRENTIN, 2015, p.1266).

Monico (2008) foi citado por Barbosa (2010), onde define as características da tecnologia RTK no trecho abaixo:

“Transmissão em tempo real dos dados de fase da onda portadora e pseudodistânciada da estação base para estação móvel ou das correções das observáveis; resolução das ambiguidades para linha de base entre a estação base e o móvel com solução quase instantânea *on the way* ou *on the fly*; determinação confiável do vetor da linha de base em tempo real.”

De acordo com Pinto (2000, apud Langley 1998), o determinador para que a tecnologia RTK tenha sucesso é a viabilidade de um link de rádio. Porém, existe um retardo no tempo para que as informações coletadas no ponto base cheguem até o móvel, esse processo chama-se latência e, dependendo da taxa de transmissão pode sofrer atualização a cada 2 segundos.

Segundo Pinto (2000) o alto nível de precisão apresentado nas operações RTK só é possível devido a capacidade de determinar a ambiguidade com o receptor em movimento. “Se o software de processamento simplesmente estima a ambiguidade como um valor real, o resultado é denominado solução “*float*” que deve ter acurácia no nível do metro ao nível do decímetro, dependendo da distância que o receptor móvel esteja rastreando os sinais GPS” (PINTO, 2000, p.56).

Em conformidade com Grando et al (2014), o GPS no modo RTK necessita apenas do sinal de satélite para obter boa precisão, o que possibilita o trabalho em diversas condições de relevo, além disso, permite melhorar a precisão do serviço prestado e é mais ágil que outros modos utilizados.

2.9.2. RPA (Aeronave remotamente pilotada)

2.9.2.1. Definições

O termo “drone” é utilizado popularmente para descrever qualquer aeronave (ou mesmo outro tipo de veículo) que possua alto grau de automatismo. No entanto, como não há uma definição formal para o termo, a regulamentação da Agência não utiliza essa nomenclatura, mas sim “aeromodelos” e “aeronaves remotamente pilotadas” (RPA). O que diferencia essas duas categorias de drones é a sua finalidade. (ANAC, 2017, p. 2).

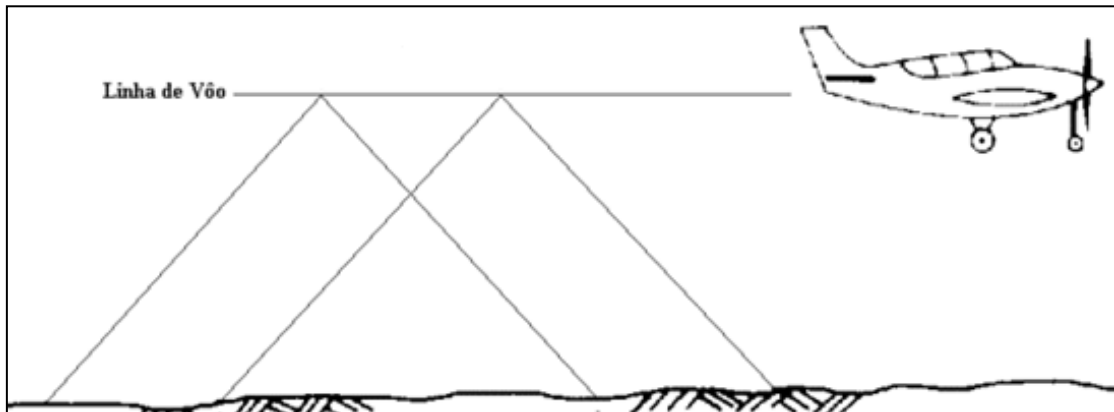
Conforme a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC (2017), aeromodelos são aeronaves não tripuladas, utilizadas para fins de lazer. Enquanto, aeronave remotamente pilotada (RPA) “É uma aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota que tenha qualquer outra finalidade que não seja recreativa, tais como comercial, corporativa e experimental”. (ANAC, 2017, p.2)

2.9.2.2. Princípio de funcionamento

“É necessário compreender que a operação de uma aeronave remotamente pilotada depende de um sistema, onde a estação de pilotagem remota (RPS) e o meio de enlace de telecomunicações são os fatores determinantes para a sua operação segura. (MAGELLA, 2016)

De acordo com Baio, Casaca e Matos, (2000) as imagens aéreas são obtidas através de aeronaves equipados por câmeras aerofotogramétricas, seguindo os parâmetros do plano de voo rigorosamente de modo a manter constante a altura da RPA e garantir a sobreposição longitudinal (Figura 9) e lateral das fotos. Em geral, deve-se evitar sombras nas imagens.

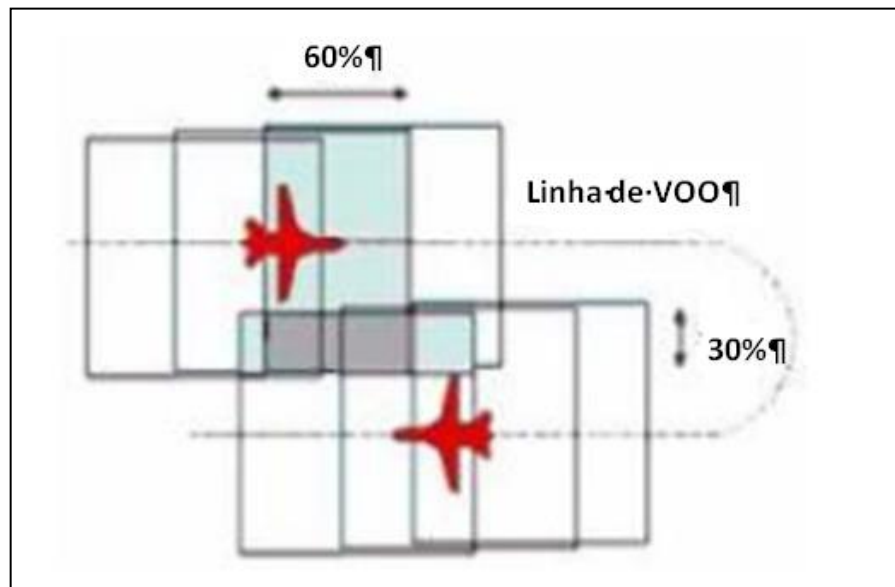
Figura 9 - Sobreposição Longitudinal



Fonte: Modificada – Brandalize (2015).

Em levantamentos aerofotogramétricos convencionais realizados com aeronaves tripuladas a área de sobreposição longitudinal não deve ser inferior a 50% e em geral, usa-se 60% de sobreposição longitudinal e 30% de sobreposição lateral ou linhas de voo, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Faixa de voo e sobreposição longitudinal e lateral



Fonte: Modificada – Instituto Federal de Santa Catarina (2010)

No caso da aerofotogrametria realizada a partir de imagens coletadas pelo RPA que são plataformas muito menos estáveis do que as aeronaves tripuladas, as sobreposições longitudinal e transversal devem ser aumentadas, sendo normal usar 80% na longitudinal e 70% na transversal.

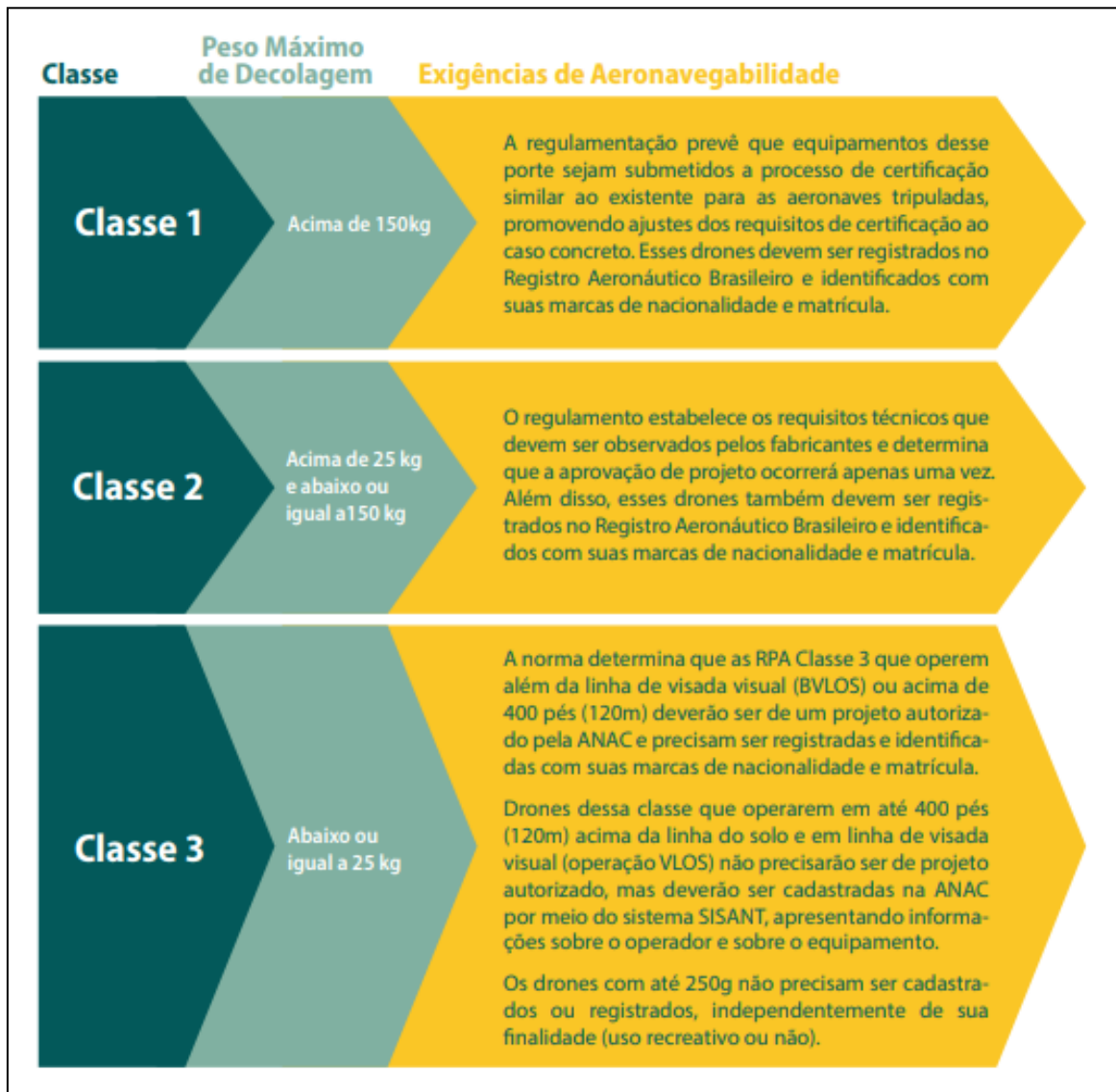
2.9.2.3. Legislação

A ANAC exige habilitação para equipamentos maiores (mais de 25kg), para RPA e drones não é necessário. O regulamento aprovado proíbe pilotar drones sobre pessoas, a não ser que tenha autorização para isso. Se não houver, será preciso respeitar a distância mínima de trinta metros, com exceção dos órgãos de segurança. ANAC, (2017)

Ainda segundo a ANAC, o descumprimento das normas de utilização de drones, implicará em processo administrativo, civil e criminal. Antes de solicitar a autorização de voo, é necessário obter a homologação da Anatel e, também, certificar a aeronave e o operador/piloto na ANAC.

O regulamento da ANAC (2017) classifica os drones quanto a classe, o peso e as exigências que devem ser seguidas conforme pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Classificação dos Drones - ANAC



Fonte: Regulamentação ANAC, (2017)

2.9.3. Laser scanner terrestre

Segundo Gonçalves, (2007), a maioria dos laser scanners atuais, utilizam laser pulsado para realizar medições de distâncias, entre o equipamento e o objeto, coletam também as direções através dos ângulos e fazem a determinação das coordenadas tridimensionais. Esse tipo de equipamento é classificado de acordo com a precisão, alcance e taxa de coleta de informações.

Os sistemas de varredura a laser são um aprimoramento das estações totais robotizadas, com maior velocidade de coleta e recursos de automação mais avançados. Os recursos de varredura são implementados por meio de espelhos controlados por servo motores encarregados de redirecionar o feixe emitido. O resultado final do processo de medição e processamento é um conjunto de dados, coordenadas tridimensionais, correspondentes aos pontos na superfície do objeto. (TOMMASELLI, 2003).

De acordo com Prates (2014), o sistema do laser scanner possui alta precisão e riqueza de detalhes e possui diversas aplicações na engenharia

Além das coordenadas de cada ponto atingido pelo feixe laser, a intensidade do sinal de retorno captada pelo sensor, é também registrada e armazenada. O conjunto de dados tridimensionais é geralmente denominado nuvem de pontos, pois pode ser representada por uma densa concentração de observações no espaço tridimensional (TOMMASELLI, 2003).

A resolução da nuvem de pontos, que determina a distância entre os pontos coletados, pode ser fixada antes da varredura. Este parâmetro depende do tamanho do menor elemento que se deseja levantar e da distância ao objeto. Dependendo do modelo do scanner, pode-se refazer a varredura de alguns detalhes específicos com maior resolução espacial. Estes equipamentos têm sido cada vez mais usados em levantamentos terrestres, devido às suas vantagens como: alta velocidade de coleta e processamento dos dados; alta densidade de pontos e acurácia homogênea dos pontos medidos. (TOMMASELLI, 2003).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo se faz necessário, antes de aprofundar nos métodos de pesquisa, a fundamentação de alguns conceitos que caracterizam o perfil das práticas metodológicas aplicadas a este projeto.

Segundo Vergara (2005), existem vários tipos de pesquisa, com diferentes taxionomias. No entanto, a autora propõe dois critérios básicos. São eles: quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, parece ser adequado qualificar esta pesquisa como uma pesquisa exploratória, onde, segundo Gil (2006, p.43), “as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

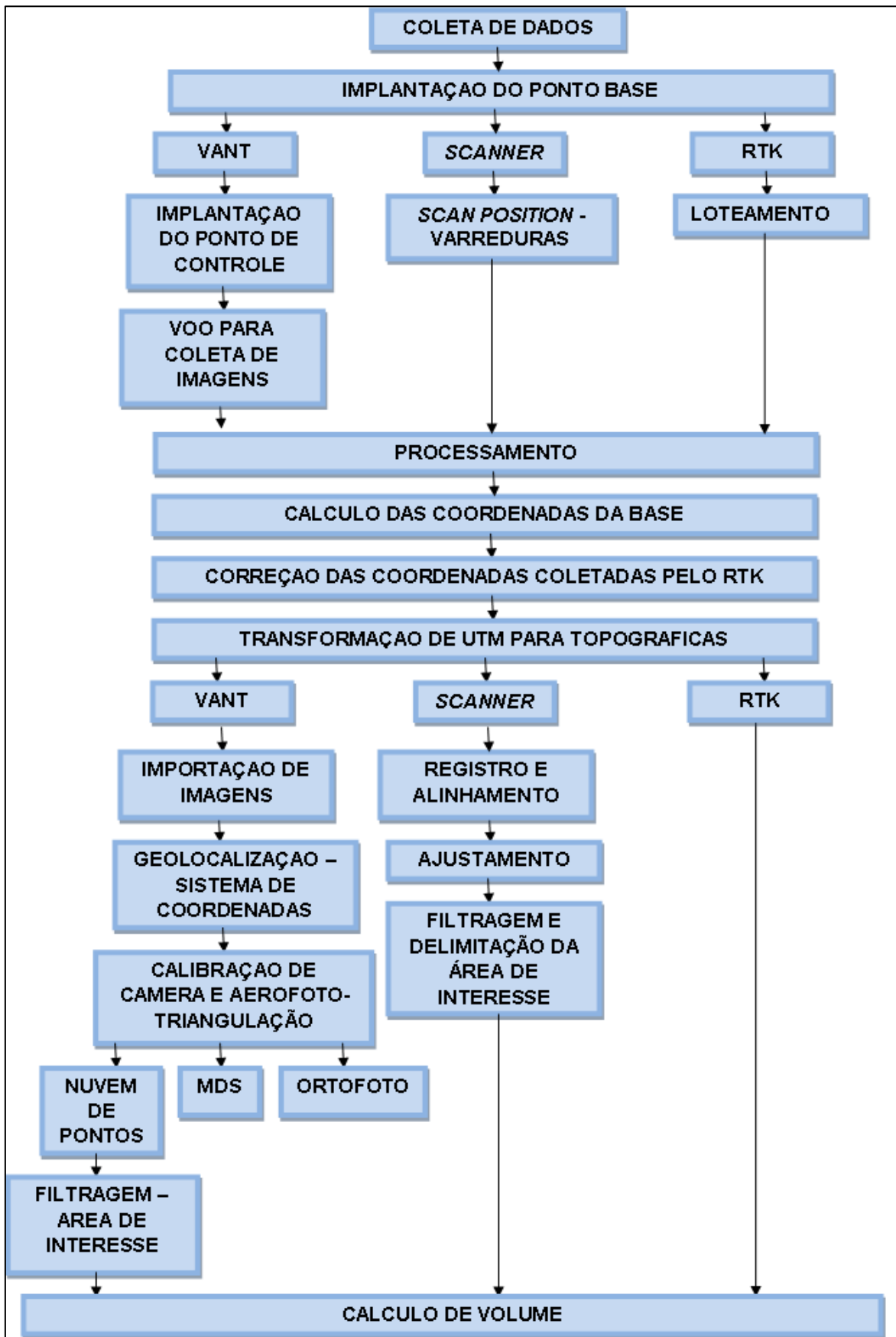
O mesmo autor cita ainda que, esse é o tipo que menos apresenta rigidez no planejamento e são desenvolvidas com o intuito de proporcionar uma visão macro de determinada ocorrência, sendo usadas quando o tema escolhido é pouco explorado, tornando difícil a formulação de hipóteses precisas e operacionais.

Quanto aos meios, dadas às características da pesquisa objeto deste estudo, entende-se que ela se trata de uma pesquisa de campo, aonde o pesquisador vai de encontro à informação pertinente ao seu estudo, de modo a enriquecer seu conteúdo. Em seguida, computa os dados e transcreve para o texto através de gráficos, tabelas, dentre outros.

A pesquisa em questão foi embasada na caracterização acima relacionada por se referir ao levantamento de uma pilha de estéril na Mineradora Pedras Congonhas Arte Indústria LTDA. A partir da base de conhecimento obtida neste levantamento e junto às literaturas identificadas sobre o tema abordado, foi possível adquirir maiores informações e atingir o objetivo geral.

A Figura 12 ilustra o organograma de como foi feita a metodologia.

Figura 12 - Organograma da metodologia



Fonte: Os autores, (2018)

3.1. O ambiente em estudo

A área proposta para o desenvolvimento da análise encontra-se no município de Nova Lima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais. Na Figura 13, mostra o empreendimento da mineradora, onde foram realizados os levantamentos.

Figura 13 - Área levantada



Fonte: Google Earth Pro, (2018)

A área onde foi feito o levantamento topográfico, trata-se de uma pilha de estéril (Figura 14), localizada na Mineradora denominada Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda (Companhia de Mineração), Nova Lima/ MG.

Figura 14 - Pilha de estéril - Área levantada



Fonte: Autores, (2017)

No início, a produção da mineradora tinha foco para o mercado de pedras ornamentais, em seguida, concentrou-se na atividade de siderurgia, operando a partir de então, exclusivamente para as Siderúrgicas. Atualmente, o minério é utilizado na construção civil, mantendo-se a aplicação na siderurgia e como mineral industrial.

3.2. Equipamentos e softwares utilizados

3.2.1 Receptor GNSS *Triumph 1* – Javad – modo RTK

A Figura 15 ilustra o receptor GNSS *Triumph 1* da marca JAVAD, utilizado no levantamento da pilha de estéril. e no Anexo A, são dadas as suas especificações técnicas.

Figura 15 - Receptor GNSS *Triumph 1*- JAVAD



Fonte: Catálogo informativo *Triumph 1*, (2015)

3.2.2. RPA - *Phantom 4 Pro* – DJI

A Figura 16 ilustra a aeronave remotamente pilotada da marca DJI, utilizada no levantamento da pilha de estéril. E no Anexo B, são dadas as suas especificações técnicas.

Figura 16 - *Phantom 4 Pro* - DJI



Fonte: Catálogo informativo DJI, (2018)

3.2.3. Laser scanner VZ 2000 – RIEGL

A Figura 17 ilustra o *Laser Scanner* terrestre da marca RIEGL, utilizado no levantamento da pilha de estéril, e no Anexo C, são dadas as suas especificações técnicas.

Figura 17 - *Laser Scanner VZ 2000* - Riegl



Fonte: Catálogo informativo – Riegl, (2017)

3.2.4. *Riscan Pro*

O *Riscan Pro* é o software complementar para os sistemas de scanner a laser 3D terrestre RIEGL orientado para o projeto, ou seja, todos os dados adquiridos durante uma campanha de medição são organizados e armazenados na estrutura do projeto do *Riscan Pro*. Esses dados incluem varreduras, varreduras refinadas, imagens digitais, dados de GNSS, coordenadas de pontos de controle e pontos de ligação e todas as matrizes de transformação necessárias para transformar os dados de várias varreduras em um sistema de coordenadas bem definido.

3.2.5. *Agisoft PhotoScan*

O *Agisoft PhotoScan* é um produto de software independente que executa o processamento fotogramétrico de imagens digitais e gera dados espaciais 3D para ser usado em aplicações SIG, documentação do patrimônio cultural e produção de efeitos visuais, bem como para medições indiretas de objetos de várias escalas.

3.2.6. *TopoGRAPH* (TG98)

O Sistema *TopoGRAPH* é um software para processamento de dados topográficos, cálculos de volumes de terraplenagem, projetos viários e elaboração de notas de serviço. Destinado às diversas áreas da engenharia e da construção que se utilizam de uma base topográfica no desenvolvimento de seus trabalhos.

Aplicações: Edificações, Loteamento, Regularização Fundiária, Reflorestamento, Irrigação, Mineração, Estradas, Barragens.

3.3. Coleta de dados

3.3.1. Receptor GNSS

Primeiramente, o receptor base foi posicionado sobre um tripé de alumínio em um ponto qualquer, e configurado com a função de rastrear e obter via satélite as coordenadas de sua posição, desta forma realizando o levantamento pós-processado, como mostra a (Figura 18). Foi feito desta forma para que a base pudesse ter um bom tempo de rastreamento, assim garantido a sua precisão após o processamento.

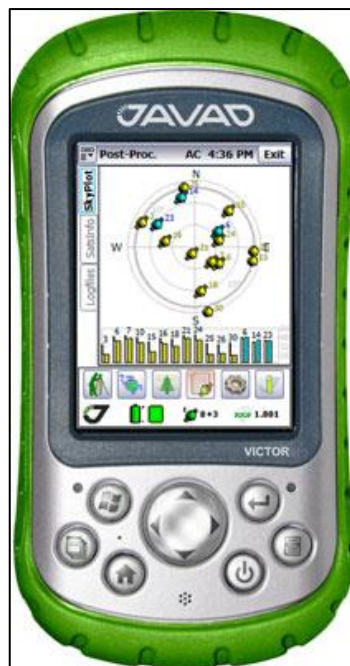
Figura 18 - Receptor GNSS (Base) instalado em campo



Fonte: Autores, (2017)

Após a instalação da base, à medida que ia rastreando o ponto de referência do levantamento, a mesma foi preparada com o auxílio da coletora (Figura 19) para trabalhar no modo RTK, transmitindo através do rádio interno as correções diferenciais para o receptor *rover*.

Figura 19 – Coletora Victor - JAVAD



Fonte: Catálogo informativo *Tracy* JAVAD, (2009)

O segundo receptor denominado como *rover*, foi acoplado sobre um bastão de alumínio, e com o auxílio da coletora configurado para trabalhar no modo RTK, recebendo o sinal de rádio interno transmitido pela base, desta forma este receptor através do rádio interno recebe, em tempo real, as correções enviadas pela base.

Na coletora há um software, chamado Tracy que possibilita realizar essas configurações de campo e a comunicação com os receptores, que se dá via *bluetooth*. E é através da radiofrequência que as informações de coordenadas via satélite corrigidas em tempo real, chegam ao *rover* para que assim os pontos de interesse possam ser coletados e armazenados na controladora com suas respectivas características quase que instantaneamente.

Os dados coletados contêm informações de coordenadas, nome, descrição, precisões, dentre outras, que posteriormente serão apresentadas. E deste modo se deu o levantamento da pilha de estéril utilizando receptores GNSS.

3.3.2 RPA

Diferentemente do receptor GNSS, onde o trabalho se dá início no levantamento de campo, no RPA há a necessidade de realizar a criação de um plano de voo, antes de se realizar o levantamento propriamente dito. Este plano de voo é elaborado com o recurso de um aplicativo de smartphone chamado *Drone Deploy*, conforme exemplificado na Figura 20, que necessita de rede de internet para o bom funcionamento, por este motivo a preparação do voo se fez no escritório, antecedendo a etapa de campo.

Figura 20 - *DroneDeploy*, plataforma de criação de planos de voos



Fonte: Site *DroneDeploy*, (2017)

No plano de voo foram obtidos alguns preceitos a respeito do voo a ser executado como altitude, velocidade, percentual de sobreposição das imagens e área de abrangência.

Antes de efetuar o levantamento aerofotogramétrico, foram criados 8 pontos de controle com gesso em pó, em formato de cruz com dimensões aproximadas de 1mx1m no entorno e em cima da pilha (Figura 21). E Estes pontos de controle tiveram as coordenadas coletadas com o receptor GNSS *rover*, pois futuramente seriam utilizados no processamento dos dados, sendo necessária a obtenção de suas coordenadas e cotas.

Figura 21 – Ponto de Controle



Fonte: Autores, (2017)

Para dar início à coleta de dados, o equipamento foi ligado e suas hélices ativadas, em seguida, conectou-se o *smarthphone* ao controle remoto do *drone* via cabo, e esse por sua vez via radiofrequência com o *drone*. Todos os dados do plano de voo foram repassados para o dispositivo e após o comando dado no software, inicia-se o voo captando as imagens e respeitando as configurações pré-estabelecidas no *DroneDeploy*.

As imagens captadas pelo aparelho foram salvas em um cartão de memória inserido no mesmo. E ao término da execução de todo o plano de voo, o *drone* retorna à sua posição inicial.

3.3.3. *Laser scanner*

O mecanismo de escaneamento é composto por um espelho giratório multifacetado que fornece linhas de escaneamento unidirecionais e paralelas, desta forma o laser scanner foi montado sobre um tripé de alumínio em vários pontos estratégicos no entorno e sobre a pilha, fazendo a varredura pela tecnologia laser. A partir de um comando no visor do equipamento, é que se dá início ao levantamento.

Os pontos onde o equipamento é estacionado, para realizar o levantamento dos dados, recebem o nome de “tomadas”. A cada “tomada” são emitidos 200.000 pulsos por segundo, dando um giro de 360° na horizontal e na vertical tendo visada de 100 graus, sendo 60 graus para cima e 40 graus para baixo, por “tomada”.

O laser scanner realiza a aquisição dos dados de forma que, tudo o que estiver ao seu redor, dentro das suas limitações de inclinação e distância estabelecidas por configurações próprias, será representado em sua nuvem de pontos.

Um segundo equipamento foi acoplado ao laser para que as tomadas tivessem suas informações de coordenadas levantadas, como mostra a Figura 22. Desta forma, além da varredura realizada, um receptor GNSS configurado para trabalhar no modo RTK, efetuava essas leituras nos posicionamentos do laser.

Figura 22 - Receptor GNSS acoplado ao Laser scanner



Fonte: Autores, (2017)

Da mesma forma que no RPA, no laser scanner utilizado os dados coletados são armazenados em um cartão de memória, e após a coleta de todas as informações necessárias para o estudo a que se refere, finalizou-se o levantamento.

3.4. Formas de análise de dados

3.4.1. Correção dos pontos RTK

Como no levantamento com receptor GNSS, a base foi instalada em um ponto qualquer, onde não possuímos a coordenada verdadeira. Todo o levantamento foi realizado com base em uma média de coordenadas obtidas pela coletora no ato do levantamento. Foram feitas leituras por aproximadamente dez segundos e então parou-se a contagem e armazenou-se o ponto na coletora, sendo este a referência dos pontos coletados.


Desta forma, os dados coletados pela base durante o rastreamento, foram descarregados no software específico da JAVAD, denominado, *Netview*. Posteriormente os pontos descarregados do arquivo bruto, cuja extensão é JPS,

foram convertidos para a forma reconhecida pelo software do IBGE, denominada RINEX. Esse arquivo RINEX possui arquivos do tipo: O (observações), N (navegação), G (Glonas), esses foram zipados e então utilizados para o processamento no IBGEE, no menu PPP (Posicionamento por ponto preciso).

No IBGE-PPP foram inseridos o arquivo de observação RINEX, onde contém todas as informações a respeito do rastreamento. Neste momento foi inserida a altura do equipamento usada em campo, o modelo da antena do receptor e um e-mail válido, para que seja gerada uma pasta com o nome do e-mail, composta pelos arquivos processados.

Após o processamento do arquivo, gerou-se um relatório com os resultados obtidos como mostra na Figura 23.

Figura 23 - Resultado do Processamento no IBGE - PPP

		Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)					
Sumário do Processamento do marco: Base TCC							
Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/06 12:49:56,00						
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/06 18:59:23,00						
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO						
Observação processada:	CÓDIGO & FASE						
Modelo da Antena:	JAV_TRIUMPH-1 NONE						
Órbitas dos satélites:¹	RÁPIDA						
Frequência processada:	L3						
Intervalo do processamento(s):	1,00						
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):	1,57 GPS 1,29 GLONASS						
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,97 GPS 0,93 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° 06' 45,4775"	-43° 52' 37,3255"	1.090,37	7775659.069	617390.025	-45	
Na data do levantamento ⁵	-20° 06' 45,4706"	-43° 52' 37,3274"	1.090,37	7775659.281	617389.971	-45	
Sigma(95%)⁶ (m)	0,001	0,002	0,002				
Modelo Geoidal	MAPGEO2015						
Ondulação Geoidal (m)	-5,43						
Altitude Ortométrica (m)	1.095,80						

Fonte: IBGE, (2017)

Após os resultados disponibilizados pelo sistema do IBGE, as coordenadas corrigidas, ou seja, as coordenadas verdadeiras do ponto de referência, que são mostradas no documento do IBGE, em UTM - Sirgas 2000 foram inseridos na coletora para realizar a conversão dos pontos levantados no modo RTK.

O software da controladora tem a competência de calcular a diferença existente entre a coordenada utilizada durante o levantamento e a coordenada após o processamento, e aplicar essa mesma diferença em todos os pontos coletados, em norte, este e cota.

Uma vez que os receptores GNSS coletam coordenadas cartesianas, esse mesmo software da coletora, transporta as coordenadas levantadas para UTM, sendo neste sistema que as informações são exportadas. Com isso, a coordenada inserida na coletora para o ajustamento dos pontos, é a coordenada UTM apresentada pelo IBGE-PPP após o processamento.

Feito o ajustamento, os pontos foram exportados cada um com suas características específicas, como nome, coordenadas, cota, descrição caso houvesse, precisões e solução. Nos Apêndices A, D e C, constam respectivamente, as coordenadas UTM dos pontos no modo RTK exportadas da coletora antes de serem transformadas para topográficas.

3.4.2. Conversão de coordenadas UTM para Topográficas

Levando em consideração a distorção das coordenadas UTM no que diz respeito às distâncias devido a sua projeção, houve a necessidade de realizar a transformação das coordenadas extraídas em UTM da coletora, para coordenadas topográficas, uma vez que as coordenadas UTM deformam as distancias e mantem as formas, enquanto as coordenadas topográficas mantem as distancias e formas.

Este procedimento foi realizado no software TopograGRAPH (TG98), tendo como referência de cálculo o ponto denominado PC01, de coordenadas Geográficas Latitude 20°06'45,35827 S e Longitude 43°52'38,011004W, Datum Sirgas 2000,

Meridiano Central -45° , Fuso 23° , altitude geométrica 1.090,37m, Convergência Meridiana $-0^{\circ}23'10,06''$, K 0,99977026.

No TG98 também foram calculadas as convergências meridianas e a altitude elipsoidal foi transformada para ortométrica, pois essa tem relação com o campo de gravidade da terra e por isso deve ser usada em obras de engenharia, além disso, a superfície de referência altimétrica adotada no Brasil é o geoide. Nos apêndices D, E e F, contêm os resultados das novas coordenadas de cada ponto.

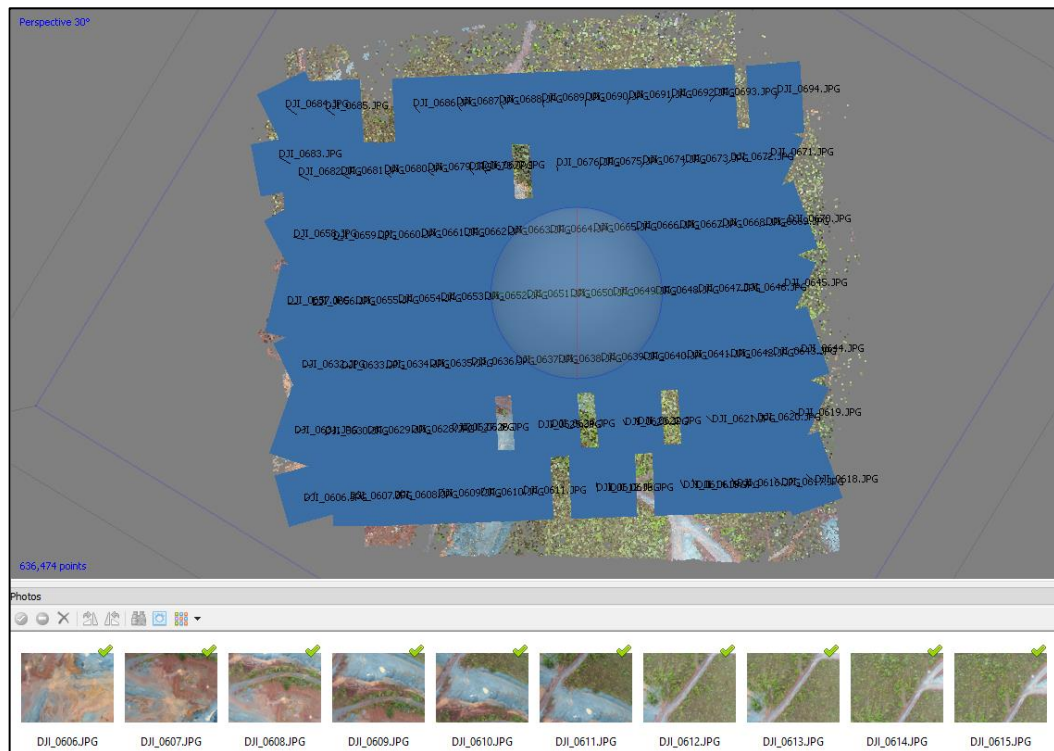
Os pontos foram exportados em X, Y e Z para o software RiscanPro no qual foi feito o cálculo de volumes.

3.4.3. Processamento dos dados da RPA

De as coordenadas topográficas dos pontos de controle, foi possível processar os dados obtidos pelo levantamento com o RPA, pois assim todos os três levantamentos estariam em um mesmo plano de referência, sendo possível analisar e comparar os volumes calculados.

Este processamento foi realizado no software Agisoft PhotoScan onde o mesmo utiliza um processamento baseado na tecnologia de aerofotogrametria. O programa identifica as feições das imagens coletadas e com base nos sombreamentos e brilho, reproduzem a superfície registrada nas imagens. Para dar início ao processamento adiciona-se as fotos em seguida faz-se o alinhamento das mesmas, a Figura 24 a seguir ilustra o resultado.

Figura 24 – Resultado após o alinhamento das fotos



Fonte: Os autores, (2018)

Em seguida insere-se as coordenadas dos pontos de controle já transformados de UTM para Topográficas (conforme citado no item 3.4.2.) para que o software ajuste com maior precisão as dimensões das imagens captadas.

Posteriormente, os pontos de controle (PC) foram validados, na Figura 25, mostra como é apresentado antes da validação.

Figura 25 - Ponto de controle antes da validação



Fonte: Os autores, (2018)

Para validar o PC, deve-se arrastar o marcador com o mouse até o centro exato do ponto de controle da imagem, ao soltar o botão do mouse o ponto será validado e o sinalizador ficará verde, conforme a Figura 26.

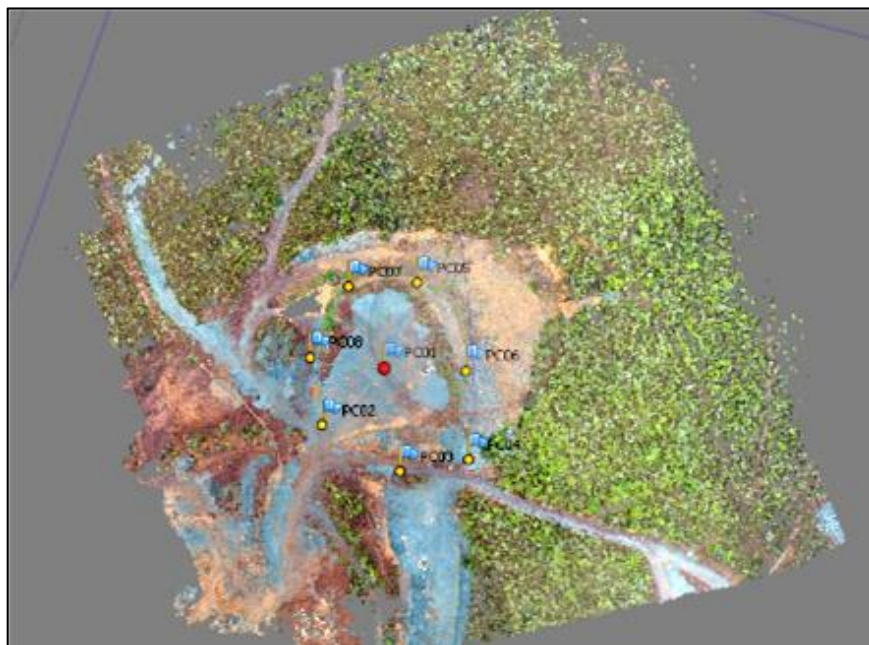
Figura 26 - Ponto de Controle Validado



Fonte: Os autores, (2018)

Com todos os PCs validados, obteve-se o resultado da Figura 27.

Figura 27 - Pontos de controle Validados



Fonte: Os autores, (2018)

Após a validação é feito o cálculo do levantamento tendo como referência as coordenadas dos pontos de controle, através da ferramenta denominada *optimize camera alignment*. É então, gerado um cálculo de erro no pixel e o erro total do

levantamento, no caso em questão o erro total foi de 2,05 centímetros conforme a Figura 28.

Figura 28 – Erro total do levantamento com RPA

Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
PC01	617370.173000	7775662.868000	1092.634000	0.005000	0.024096	5	0.268
PC02	617336.319600	7775645.059400	1092.192000	0.005000	0.023355	8	0.250
PC03	617364.582300	7775615.857500	1086.496000	0.005000	0.019684	9	0.301
PC04	617395.938700	7775613.021500	1081.803000	0.005000	0.013466	10	0.241
PC05	617395.264500	7775698.067900	1088.715000	0.005000	0.013130	9	0.218
PC06	617406.077400	7775652.142300	1088.268000	0.005000	0.018745	6	0.302
PC07	617364.106800	7775704.975900	1088.375000	0.005000	0.023172	9	0.269
PC08	617338.415200	7775677.474200	1090.112000	0.005000	0.024927	9	0.366
Total Error							
Control points					0.020545		0.280

Fonte: Os autores, (2018)

Gera-se em sequência a nuvem de pontos, relatório, modelo digital de superfície e ortofoto. A nuvem de pontos foi importada no *software RiscanPro* no qual foi feito o cálculo de volumes.

3.4.4. Processamento dos dados do *laser scanner*

Todos os dados coletados pelo Laser Scanner foram processados no *software Riscan Pro*. A amarração das varreduras realizadas pelo equipamento ao sistema de coordenadas da obra se dá a partir da determinação das coordenadas de todas as posições de instalação do laser.

As coordenadas corrigidas foram inseridas para então rotacional as varreduras obtidas em cada *scan position* e finalmente gerou-se uma *polydata* que é a nuvem de pontos densa resultante do processamento.

3.5. Limitação de pesquisa

Ao longo do processo de realização da pesquisa algumas ocorrências restringiram um melhor desenvolvimento do trabalho. A primeira limitação encontrada pelo grupo, foi ao realizar a busca das referências bibliográficas para o embasamento científico da pesquisa, pois se tratando de modernos equipamentos tecnológicos, ainda há uma

restrição quanto às literaturas existentes. Em seguida, no levantamento de campo, nos deparamos com algumas situações tais como:

- Fatores climáticos: No final da coleta de dados com o GNSS no modo RTK houve chuva, fato esse que impossibilitou a realização do levantamento com o Laser Scanner e RPA, foi preciso esperar dentro do carro por aproximadamente duas horas para então dar sequência.

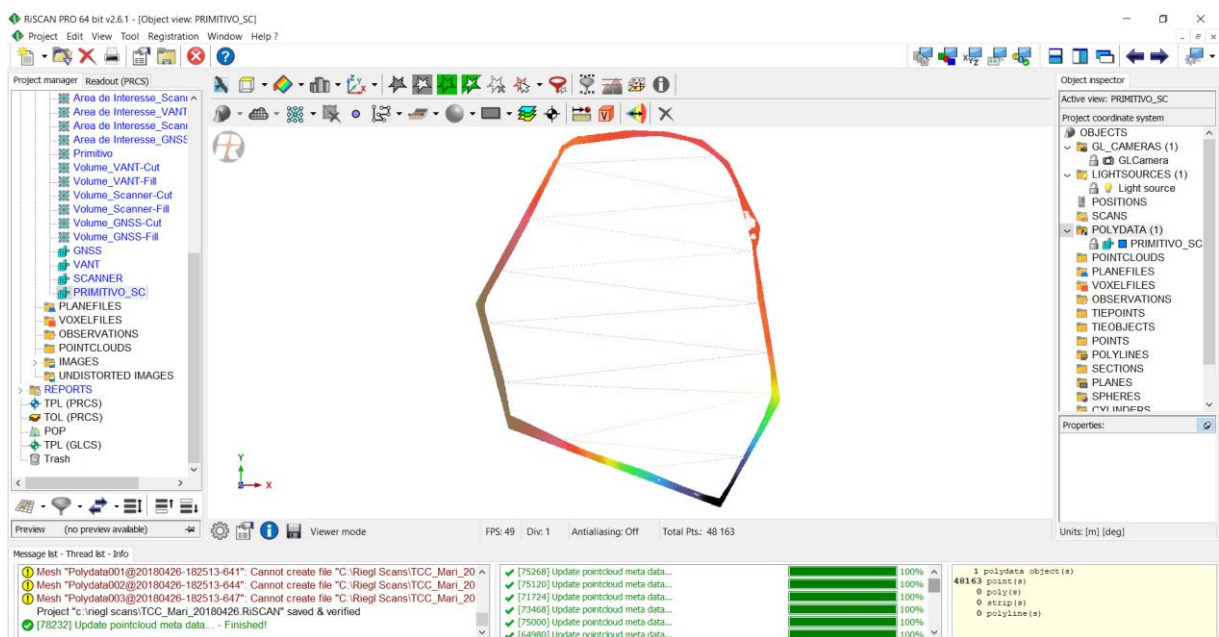
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Determinação do volume da pilha de estéril através do MDT utilizando os objetos de estudo.

O software utilizado foi o *RiscanPro* para o cálculo de volume da pilha de estéril levantada a partir dos dados coletados pelos três equipamentos objetos de estudo.

Para a determinação do volume, criou-se uma área derivada de um polígono que contornou toda a base da pilha (no nível do solo onde foi depositado o material). Essa área se tornou o primitivo de referência (Figura 29), ou seja, simulando um levantamento primitivo da área e assim sendo possível o cálculo do volume ali disposto.

Figura 29 - Primitivo de referência para cálculo de volumes

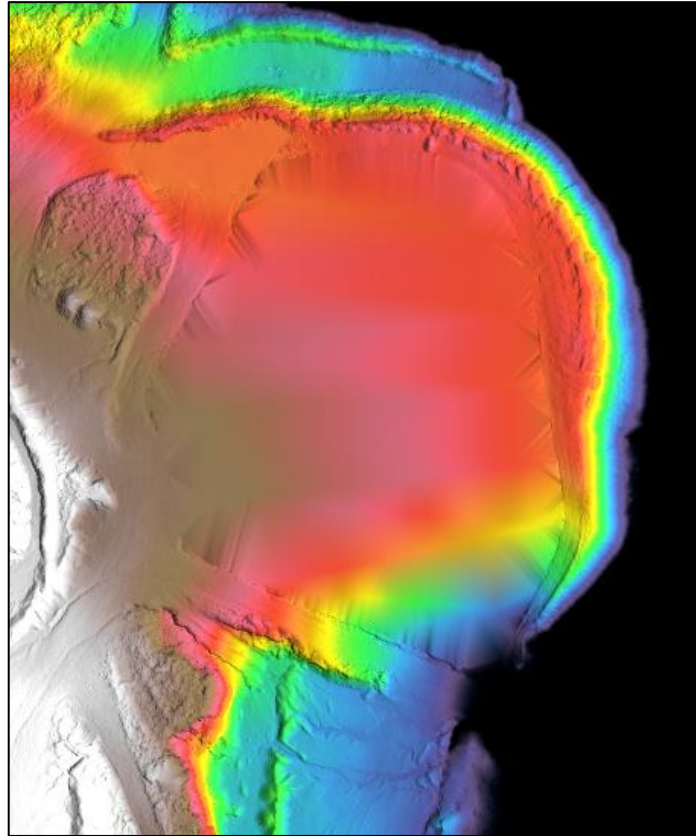


Fonte: Os autores, (2018)

Os cálculos de cada equipamento foram feitos separadamente de acordo com os seus resultados processados respectivamente, e se deram da seguinte forma:

Com os dados coletados com os receptores GNSS, gerou-se uma superfície contemplando os pontos da base da pilha para se obter uma referência do sólido MDT, conforme a Figura 30.

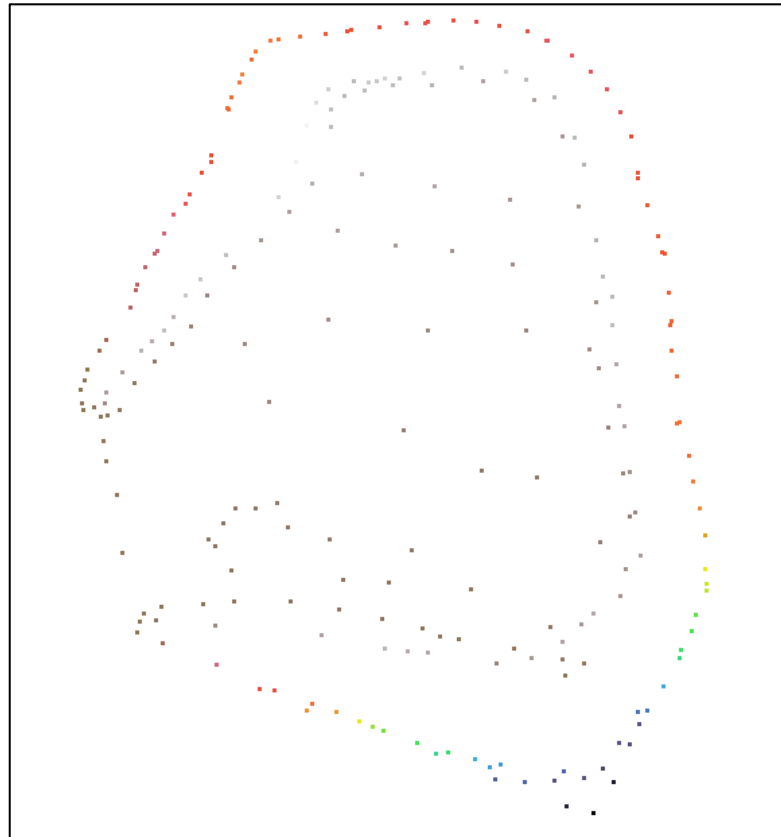
Figura 30 - MDT do primitivo de referencia



Fonte: Os autores, (2018)

Posteriormente, os pontos coletados pelo GNSS foram inseridos , conforme Figura 31.

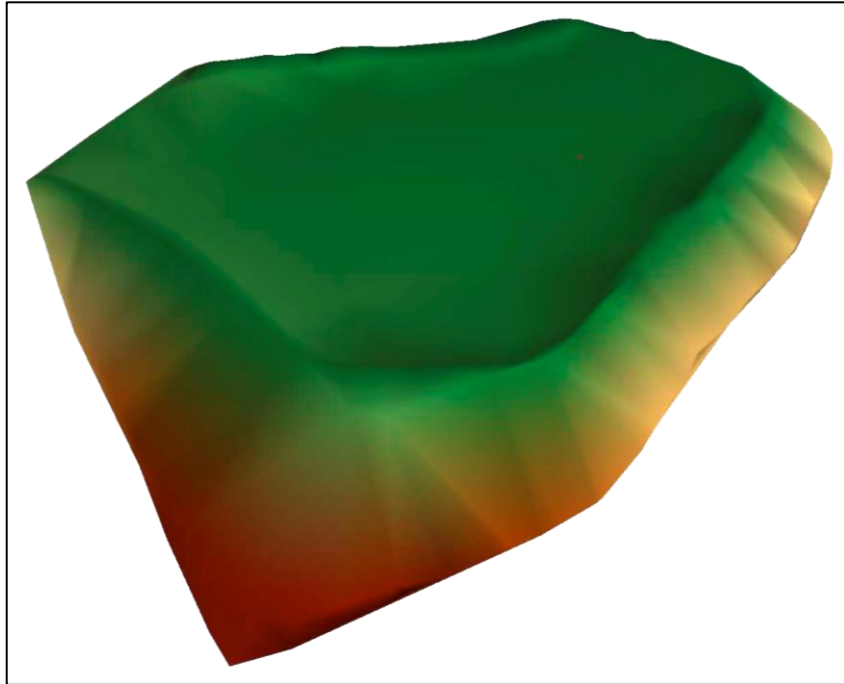
Figura 31 - Nuvem de Pontos obtida pelo receptor GNSS



Fonte: Os autores, (2018)

Observa-se que a nuvem de pontos coletados pelo receptor GNSS, representou a forma da pilha, entretanto, está bastante esparsa. Com essa nuvem de pontos, foi feita a triangulação da mesma, gerando o MDT (Figura 32) e calculou-se o volume, obtendo o resultado de 14.276,932 m³.

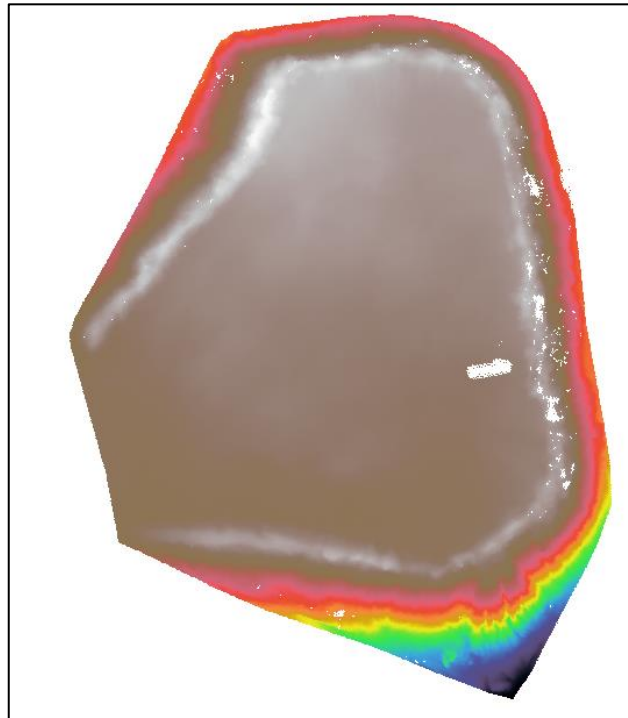
Figura 32 - MDT dos pontos obtidos através do receptor GNSS



Fonte: Os autores, (2018)

O processo se repetiu para a nuvem de pontos obtida através do levantamento realizado pela RPA (Figura 33), no *software Agisoft*, que foi importada para o *RiscanPro*.

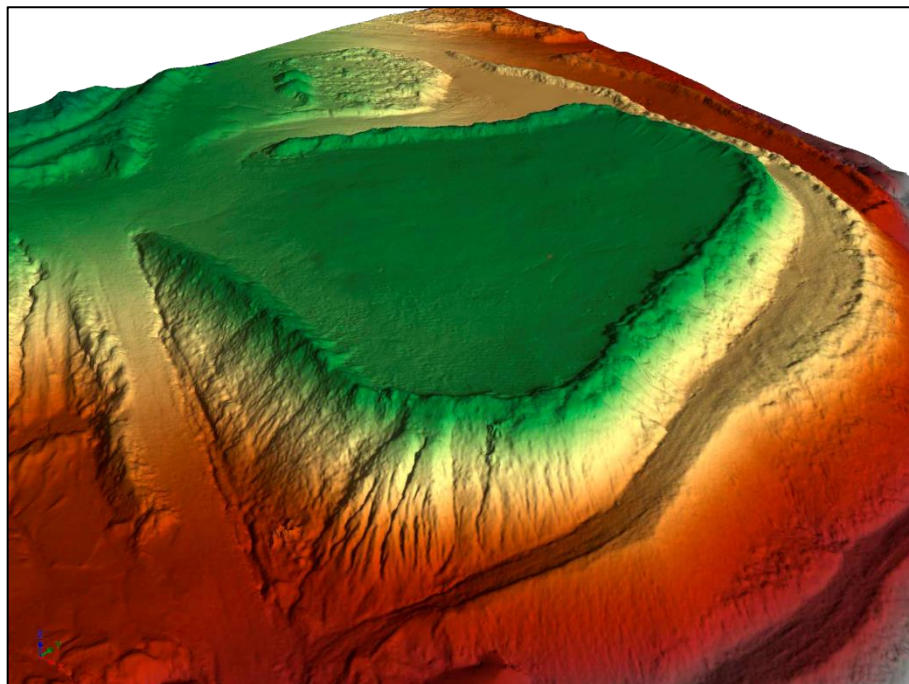
Figura 33 – Nuvem de Pontos obtida pela RPA



Fonte: Os autores, (2018)

O arquivo foi triangulado, gerou-se o MDT, de acordo com a Figura 34 para posteriormente calcular o volume, o resultado foi de 14.531,352m³.

Figura 34 - MDT dos pontos obtidos através da RPA

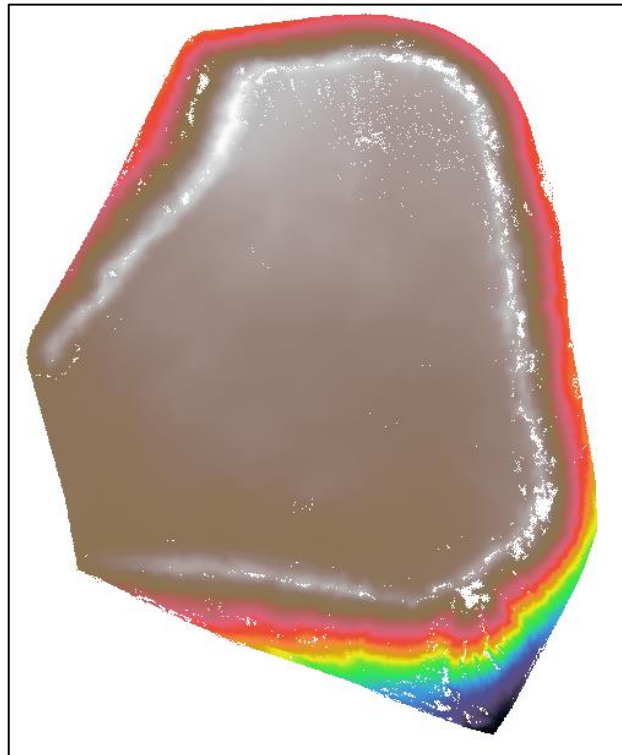


Fonte: Os autores, (2018)

Percebe-se que os dados obtidos através da RPA é composto por uma nuvem de pontos mais densa a qual permite representar melhor o terreno.

O mesmo procedimento foi realizado com as informações obtidas através do laser scanner, esse é composto pela nuvem de pontos mais densa, conforme a Figura 35.

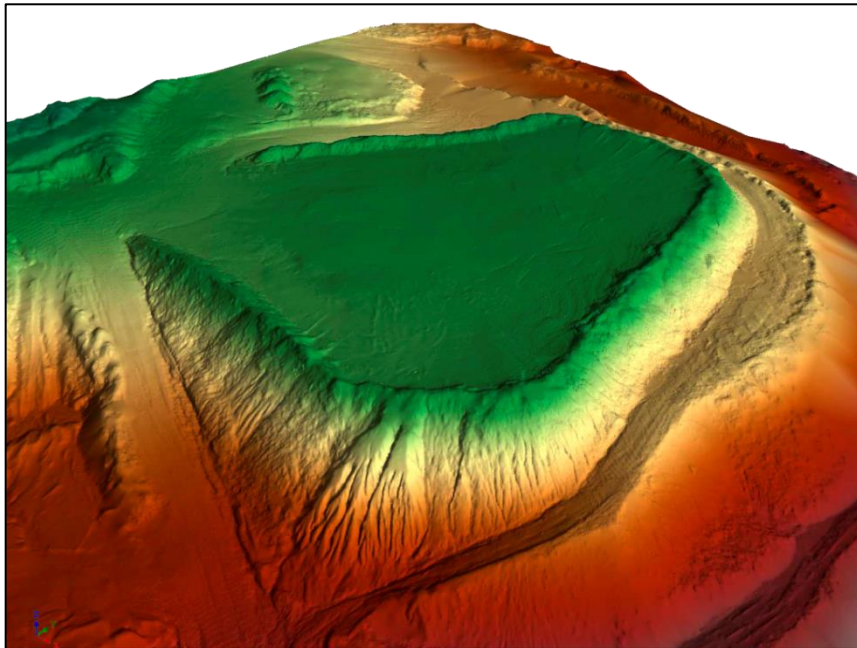
Figura 35 - Nuvem de Pontos obtida pelo *laser scanner*



Fonte: Os autores, (2018)

O MDT desse também foi gerado, como ilustra a Figura 36 a seguir a fim de realizar-se o cálculo de volume, cujo resultado foi de 14.595,870 m³.

Figura 36 - MDT dos pontos obtidos através do *laser scanner*



Fonte: Os autores, (2018)

4.2. Apresentação das vantagens e desvantagens do emprego de cada um dos equipamentos no levantamento topográfico realizado para fins de cálculo de volume.

4.2.1. Receptor GNSS

Vantagens: Preciso, cobertura mundial por 24 horas, menor tempo de processamento, trabalha em qualquer condição de tempo, sistema estável, serviço de processamento gratuito, controle dos dados em campo, coleta de dados finais (N, E, H), dispensa poligonais topográficas, maior produtividade, menor custo de mão de obra, e dispensa a intervisibilidade entre os pontos de base e *rover*

Desvantagens: Necessita de sinal de satélite, não trabalha em áreas fechadas, pode sofrer interferência no sinal de rádio, dificuldades de funcionamento em áreas muito arborizadas e/ou edificadas, impossibilidade de tratamento dos dados.

4.2.2. RPA

Vantagens: agilidade no levantamento, baixo custo, flexibilidade na obtenção de imagens, facilidade de uso, imagem de alta qualidade.

Desvantagens: Muito sensível a determinadas condições climáticas como vento forte e chuva, para se ter o posicionamento real é necessário o uso de um equipamento que capte sinal do sistema GNSS, tempo de voo reduzido devido à duração da bateria.

4.2.3. *Laser Scanner*

Vantagens: Elevada quantidade de pontos coletados por segundo, velocidade do levantamento, representação tridimensional do objeto estudado através de uma densa nuvem de pontos, precisão milimétrica na representação.

Desvantagens: Alto custo do equipamento e software de processamento, muito sensível a determinada condição climática (chuva), para se ter o posicionamento real é necessário uso de um equipamento que capte sinal do sistema GNSS

4.3. Comparar resultados do cálculo de volume realizado pelo método das seções e pelo método do modelo digital do terreno (MDT)

O cálculo de volume de pilhas de materiais como o exemplo desse estudo, em geral, é feito pelo método do MDT. Esse representa o terreno de forma mais fidedigna quando comparado com o método das seções, já que faz-se uma seção a cada um metro, perdendo assim detalhes contidos entre elas.

O método das seções é mais utilizado nas obras de estradas, onde há áreas extensas e não há variações tão significativas entre as mesmas.

Fez-se então a comparação do volume entre o MDT e o método das seções para que possa verificar quão significativas são as diferenças no resultado de volume obtidos por essas duas formas.

No *TopoGRAPH* (TG98) foi importado o mesmo primitivo de referência utilizado no *RiscanPro* sobre ele foram inseridos o MDT de cada um dos equipamentos e traçou-se um eixo perpendicular o qual foi estaqueado e as seções tipo foram criadas vinculadas ao mesmo. Dessa forma foi calculado o volume de cada um separadamente, obtendo o resultado conforme o Quadro 2:

Quadro 2 – Resultado dos volumes obtidos através dos três equipamentos

Equipamento	Volume por Seção (m³)
Receptor GNSS	14.185,913
RPA	14.530,071
Laser Scanner	14.595,857

Fonte: Os autores, (2018)

No Quadro 3 a seguir, há os resultados obtidos por cada um dos três equipamentos através dos dois métodos em questão junto ao percentual de diferença entre MDT e o método das seções

Quadro 3 – Comparativo de resultados dos volumes obtidos através dos três equipamentos e o percentual de diferença

Equipamento	Volume por Seção (m³)	MDT	Percentual de diferença
Receptor GNSS	14.185,913	14.276,932	1,01
RPA	14.530,071	14.531,352	1,00
Laser Scanner	14.595,857	14.595,870	1,00

Fonte: Os autores, (2018)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos e análises desenvolvidos nesta pesquisa, levaram à conclusão de que com base nas exigências da topografia em representar melhor o terreno de forma mais fidedigna e garantir que o cálculo de volume seja mais próximo da realidade e viabilizando as obras de engenharia evitando comprometimento do orçamento das mesmas, deve-se eleger o equipamento mais adequado levando em conta o custo/benefício do mesmo, a qualidade dos resultados obtidos através dos levantamentos realizados por cada um deles e também a efetividade na qual o equipamento apresenta para cada tipo de trabalho.

Apesar do volume real da pilha de estéril em estudo ser desconhecido, observou-se que o laser scanner e o RPA representaram melhor os detalhes do terreno, sendo possível identificar com bastante clareza os desníveis da pilha, erosões ao longo de sua encosta, dentre outros detalhes que claramente não foram perceptíveis no resultado final obtido pelo levantamento utilizando apenas o receptor GNSS, apesar de ter uma quantidade considerável de pontos coletados. Desta forma, considerou-se que os produtos adquiridos pelo Laser Scanner terrestre e pelo RPA, foram os que mais se aproximaram da verdadeira forma da superfície levantada no método do Modelo Digital do Terreno, no qual tem-se como parâmetro o pé da pilha, formando um plano de referência.

Ainda que haja divergência entre os resultados dos cálculos de volumes obtidos pelo Método das Seções e pelo MDT, esta diferença não se mostra relevante na situação da pilha de estéril dessa pesquisa, que por ser uma área pequena, aplicou-se um curto intervalo entre as seções no qual não possibilita uma análise mais assertiva entre os métodos de cálculos utilizados. Para que a diferença fosse expressiva, seria necessário o estudo de uma área maior.

A partir da análise feita entre as vantagens e desvantagens dos equipamentos utilizados, e levando em consideração aqueles que apresentaram os melhores resultados, percebeu-se que ambos não dispensam o uso do receptor GNSS. Sendo assim, apesar do avanço tecnológico, ainda é necessário que se faça uma coleta pontual para que se tenha uma base na obtenção de produtos mais satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Agrimensura, Curso Técnico de Agrimensura a Distância, 2000.

ALVES, D. B. M. *Posicionamento GPS utilizando conceito de estação virtual*. 2008. 164f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

ARREDONDO, Ma. Concepción; GONZÁLEZ, Rinah; NIEVES, Carolina ,RIVERA, Hiram; SEINGIER, Georges; VELÁZQUEZ, Karen, 2013, Manual de Práticas de FUNDAMENTOS DE CARTOGRAFÍA.

Artigos convidados da IV Semana de Agrimensura & I Workshop sobre Cadastro Territorial Multifinalitário, Pato Branco-PR. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synsycy>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rede de referência cadastral municipal: procedimento**. NBR 14166. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BAIO, Miguel; CASACA, João; MATOS, Joao , 2000, Topografia Geral 3ªEdição.

BARBOSA, E. M. Integridade, disponibilidade e acurácia no posicionamento RTK e RTK em rede: Investigação no contexto da rede GNSS ativa do Estado de São Paulo.

BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 2º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

BRANDALIZE, Maria Cecília Bonato, 2015 – Apostila Topografia. Disponível em: <[http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia\(15\).htm](http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia(15).htm)>. Acesso em: 2 ago. 2017.

Corrêa, I. C. S. Topografia Aplicada à Engenharia Civil – IG/UFRGS, Porto Alegre, 2012, p.101.

CPE. CPE Engenharia. **Engenharia GPS / GNSS. JAVAD.** Disponível em: <<http://www.cpetecnologia.com.br/engenharia/gps-gnss/15/triumph-1/javad>>. Acesso em 08 mar. 2018.

DRONES - ANAC. Disponível em <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

ERBA, D. A. et al. **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia.** São Leopoldo, Rio Grande do Sul: Editora Unisinos, 2003.

GHILANI, Charles D.; WOLF, Paul R. Geomática, 2013.

GONÇALVES, José Alberto; MADEIRA, Sérgio; SOUSA, J. João: Topografia Conceitos e aplicações- 3ªEdição , 2012.

GONÇALES, Rodrigo, 2007. Dispositivo de varredura laser 3D terrestre e suas aplicações na Engenharia, com ênfase em túneis.

GOOGLE EARTH. **Imagem da Mineradora Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda.** Nova Lima, 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/Mineradora+denominada+Pedras+Congonhas+Extra%C3%A7%C3%A3o+Arte+Ind%C3%Bastria+Ltda.,+localizada+em+Nova+Lima%2F+MG/@-20.1113919,-43.8759658,648m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

GRANDO, D. L.; LAND, V.; RHODEN, A. C. Levantamentos topográficos – Estação Total x GPS RTK. Simpósio de Agronomia e Tecnologia em Alimentos. Faculdade de Itapiranga – FAI, 2014. Disponível em: <<http://galeria.colorir.com/colégio/o-globo-terrestre-pintado-por--1350083.html>>. Acesso em 16 nov. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1983). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 08 mar. 2018.

____.INSTITUTO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE (2016). FAQ. Perguntas mais frequentes. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso em: 2 out. 2017.

Instituto Federal de Santa Catarina, 2010 – Apostila cartografia. Disponível em : <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAGaXYAI/apostila-cartografia>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

MCCORMAC, Jack C.. **Topografia**. Tradução de Daniel Carneiro da Silva, Revisão técnica de Daniel Rodrigues dos Santos, Douglas Corbari Corrêa e Felipe Coutinho Ferreira da Silva. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MAGELLA, Paulo Eduardo Albuquerque de, 2016 – A operação de aeronaves remotamente pilotadas e a segurança do espaço aéreo.

MARQUES, Richarde, 2012 – Introdução a Geodésia.

MCCORMAC,Jack. Topografia – 5ªEdição, 2007.

MONICO, J. F. G. (2007) Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo, UNESP, 2ª ed.

MONICO,João Fracisco Galera. Posicionamento pelo GNSS descrição, fundamentos e aplicações, 2ª edição,2008.

NETO, Manoel Silva, 2016, Como gerar MDT com Drones? Disponível em <http://blog.droneng.com.br/mdt-com-drones/> Acesso em 16 de Abril de 2018.

PINTO, J. R. M. Potencialidade do uso do GPS em obras de Engenharia. / José Roberto Marques Pinto Dissertação (mestrado). – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, [s.n.], 2000.

PRATES, Izabela, 2014 – Laser Scanner 3D: A revolução na coleta de dados.

PRINA, B. Z. & TRENTIN, R. Geotecnologias: discussões e análises a respeito da evolução dos sistemas global de navegação por satélites - GNSS Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai - ago. 2015, p. 1258-1270.

REGULAMENTO ANAC – Regras sobre Drones, 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 3 set. 2017.

SANTOS, Afonso de Paula. **Sistema de referência terrestre**. Viçosa, 2017.

SARAIVA, Sérgio; TULER, Marcelo. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SARAIVA, Sérgio; TULER, Marcelo. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014 .

TIMBÓ, Marcos A. **Elementos de Cartografia**. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.meusiteantigo.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Cartografia.htm>> Acesso em: 10 abr. 2018.

SANTOS DA SILVA, M.M.; FAGGION, P.L.; KOENIG VEIGA, L.A. Metodologia de classificação das componentes angulares de teodolitos e estações totais em Laboratório. Boletim de Ciências Geodésicas [Internet]. 2010;16(3):403-419. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=393937717003>>. Acesso: 17 out. 2017.

SANTOS, Afonso de Paula. Sistema de referência terrestre, 2017.

SILVA, Marcos Noé Pedro da. "Medidas de Volume"; 2017, *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/medidas-volume.htm>>. Acesso em 15 de abril de 2018.

SILVEIRA, L. C. **Fundamentos de Topografia**. Criciúma: Escola Brasileira de
SILVEIRA, Luiz Carlos da. Módulo 9 – os sistemas de coordenadas UTM, RTM e LTM tomo único, 2006.

SIMÕES, Margareth Gonçalves, 1993, Modeladores Digitais de Terreno em Sistemas de Informação Geográfica. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~maggie/tese_mestrado.pdf> Acesso em 16 de abril de 2018>. Acesso em: 2 fev. 2018

Syn. Scy. UTFPR, Pato Branco, v. 10, n. 2, p. 34–37, abr./jun. 2015. ISSN 2316-4689.

TIMBÓ, Marcos A. Elementos de Cartografia, 2001.

Universidade Estadual Paulista, Faculdade Ciências e Tecnologia. Dissertação (mestrado) - 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86777>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

Universidade Federal Fluminense- Estudo dirigido em SIG- Cartografia: Representação da Terra em um plano. Disponível em: <<http://www.meusiteantigo.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Cartografia.htm>> Acesso em: 12 abr. 2018.

VEIGA, Luís Augusto Koenig, 2007, Notas de Aula GA033- Levantamentos Topográficos II.

VEIGA. L. A. K.; ZANETTI. M. A. Z.; FAGGION. L. F.; Fundamentos De Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Curitiba, 2012, p. 28.

XAVIER, Varmir Antonio. Levantamento topográfico para cálculo de volume, 2010. Disponível em < <http://mundogeo.com/blog/2010/08/12/levantamento-topografico-para-calculo-de-volume/>> Acesso em 15 de nov. 2017.

APÊNDICES

APNDICE A: Pontos coletados no modo RTK para fins de cálculo de volume (coordenadas UTM)

Nome	Norte	Leste	Altitude (Elip.)	Descrição	SigmaN	SigmaE	SigmaH	Tipo de Solução
GPS1	7775635,529	617340,485	1086,314	<nenhum>	0,0071	0,0068	0,0114	Fixo
GPS2	7775636,251	617342,523	1086,358	<nenhum>	0,0058	0,0033	0,0101	Fixo
GPS3	7775636,529	617347,173	1086,428	<nenhum>	0,0064	0,0034	0,0106	Fixo
GPS4	7775636,901	617350,809	1086,408	<nenhum>	0,0038	0,0027	0,0093	Fixo
GPS5	7775636,779	617357,166	1086,535	<nenhum>	0,0076	0,0058	0,0114	Fixo
GPS6	7775635,940	617362,772	1086,562	<nenhum>	0,0039	0,006	0,0095	Fixo
GPS7	7775634,822	617367,641	1086,626	<nenhum>	0,0079	0,0062	0,0118	Fixo
GPS8	7775633,632	617372,167	1086,625	<nenhum>	0,0072	0,0039	0,0113	Fixo
GPS9	7775632,787	617374,106	1086,695	<nenhum>	0,0053	0,0054	0,0104	Fixo
GPS10	7775632,459	617376,372	1086,608	<nenhum>	0,0071	0,0053	0,0113	Fixo
GPS11	7775631,339	617382,632	1086,718	<nenhum>	0,0067	0,0037	0,0111	Fixo
GPS12	7775633,798	617386,797	1086,847	<nenhum>	0,0048	0,0041	0,0102	Fixo
GPS13	7775636,794	617393,641	1083,214	<nenhum>	0,0044	0,004	0,0100	Fixo
GPS14	7775642,008	617396,19	1083,203	<nenhum>	0,0052	0,0034	0,0102	Fixo
GPS15	7775640,406	617395,23	1087,570	<nenhum>	0,0057	0,0048	0,0106	Fixo
GPS16	7775646,317	617395,764	1087,201	<nenhum>	0,0068	0,0064	0,0112	Fixo
GPS17	7775651,237	617395,044	1087,356	<nenhum>	0,0067	0,0034	0,0110	Fixo
GPS18	7775656,283	617393,437	1087,275	<nenhum>	0,0047	0,0036	0,0101	Fixo
GPS19	7775663,142	617392,344	1087,495	<nenhum>	0,0034	0,0027	0,0097	Fixo
GPS20	7775665,232	617391,230	1087,475	<nenhum>	0,0053	0,0032	0,0104	Fixo
GPS21	7775670,545	617392,060	1087,653	<nenhum>	0,0055	0,0033	0,0105	Fixo
GPS22	7775681,367	617390,192	1087,693	<nenhum>	0,0073	0,0036	0,0115	Fixo
GPS23	7775689,29	617388,369	1087,705	<nenhum>	0,0093	0,0051	0,0130	Fixo
GPS24	7775693,302	617385,121	1087,889	<nenhum>	0,0035	0,0031	0,0097	Fixo
GPS25	7775695,579	617379,385	1087,907	<nenhum>	0,0043	0,0048	0,0101	Fixo
GPS26	7775695,063	617373,620	1088,157	<nenhum>	0,0055	0,009	0,0113	Fixo
GPS27	7775694,993	617369,260	1088,329	<nenhum>	0,0058	0,0068	0,0112	Fixo
GPS28	7775694,471	617366,101	1088,296	<nenhum>	0,0042	0,006	0,0102	Fixo
GPS29	7775693,821	617363,723	1088,289	<nenhum>	0,0052	0,0079	0,0108	Fixo
GPS30	7775692,439	617362,250	1088,323	<nenhum>	0,0048	0,0092	0,0110	Fixo
GPS31	7775690,365	617362,157	1088,271	<nenhum>	0,0073	0,007	0,0119	Fixo
GPS32	7775686,872	617362,025	1084,231	<nenhum>	0,004	0,0068	0,0102	Fixo
GPS33	7775684,109	617360,126	1088,091	<nenhum>	0,0049	0,0066	0,0105	Fixo
GPS34	7775680,955	617357,386	1087,881	<nenhum>	0,0086	0,0085	0,0131	Fixo
GPS35	7775677,746	617354,248	1087,639	<nenhum>	0,0038	0,0068	0,0102	Fixo
GPS36	7775674,760	617351,153	1087,468	<nenhum>	0,0056	0,0072	0,0111	Fixo
GPS37	7775671,619	617348,037	1087,351	<nenhum>	0,0034	0,007	0,0102	Fixo

GPS38	7775668,183	617346,223	1087,265	<nenhum>	0,0052	0,0088	0,0110	Fixo
GPS39	7775666,173	617344,001	1087,183	<nenhum>	0,0038	0,0064	0,0104	Fixo
GPS40	7775664,210	617341,982	1087,004	<nenhum>	0,0041	0,0059	0,0103	Fixo
GPS41	7775661,801	617339,587	1086,797	<nenhum>	0,0053	0,0079	0,0115	Fixo
GPS42	7775658,734	617337,918	1086,710	<nenhum>	0,0067	0,0064	0,0114	Fixo
GPS43	7775658,154	617336,560	1086,630	<nenhum>	0,0098	0,0087	0,0136	Fixo
GPS44	7775657,903	617335,621	1086,348	<nenhum>	0,0043	0,0037	0,0103	Fixo
GPS45	7775655,161	617336,007	1086,625	<nenhum>	0,007	0,0033	0,0114	Fixo
GPS46	7775652,851	617336,25	1086,631	<nenhum>	0,0053	0,0057	0,0109	Fixo
GPS47	7775649,006	617337,507	1086,664	COTA	0,0105	0,0057	0,0136	Fixo
GPS48	7775642,458	617338,175	1086,686	COTA	0,0151	0,0058	0,0176	Fixo
GPS49	7775643,88	617347,878	1086,698	TN	0,0051	0,003	0,0107	Fixo
GPS50	7775645,264	617357,015	1086,906	TN	0,005	0,003	0,0106	Fixo
GPS51	7775643,824	617361,647	1086,972	TN	0,0064	0,0033	0,0112	Fixo
GPS52	7775639,283	617363,146	1086,723	TN	0,006	0,0041	0,0112	Fixo
GPS53	7775638,892	617368,39	1086,600	TN	0,0058	0,0036	0,0110	Fixo
GPS54	7775642,663	617371,081	1087,01	TN	0,0068	0,0039	0,0110	Fixo
GPS55	7775638,071	617377,777	1086,665	TN	0,008	0,0037	0,0116	Fixo
GPS56	7775643,409	617392,476	1087,153	TN	0,0045	0,003	0,0099	Fixo
GPS57	7775650,680	617385,238	1086,926	TN	0,0087	0,004	0,0123	Fixo
GPS58	7775651,506	617379,097	1086,913	TN	0,0048	0,0029	0,0100	Fixo
GPS59	7775656,225	617370,214	1087,110	TN	0,0078	0,0037	0,0118	Fixo
GPS60	7775659,549	617354,925	1087,369	TN	0,0047	0,0029	0,0102	Fixo
GPS61	7775666,020	617352,284	1087,408	TN	0,0046	0,0031	0,0101	Fixo
GPS62	7775668,807	617361,683	1087,553	TN	0,0042	0,0029	0,0099	Fixo
GPS63	7775667,404	617373,012	1087,374	TN	0,0049	0,0029	0,0102	Fixo
GPS64	7775667,332	617384,194	1087,335	TN	0,0037	0,0026	0,0098	Fixo
GPS65	7775674,823	617382,732	1087,565	TN	0,0036	0,0038	0,0098	Fixo
GPS66	7775676,389	617375,798	1087,587	TN	0,0143	0,0061	0,0166	Fixo
GPS67	7775676,991	617369,424	1087,791	TN	0,0062	0,0038	0,0109	Fixo
GPS68	7775678,846	617362,962	1087,854	TN	0,0083	0,0039	0,0126	Fixo
GPS69	7775685,089	617365,636	1088,066	TN	0,0092	0,0039	0,013	Fixo
GPS70	7775683,700	617373,896	1087,929	TN	0,0072	0,0037	0,0116	Fixo
GPS71	7775682,122	617382,343	1087,624	TN	0,0063	0,0032	0,0110	Fixo
GPS72	7775634,664	617339,934	1086,201	crista	0,0079	0,0039	0,0120	Fixo
GPS73	7775634,780	617341,906	1086,753	crista	0,0042	0,0077	0,0108	Fixo
GPS74	7775634,235	617348,654	1087,439	crista	0,0044	0,0065	0,0111	Fixo
GPS75	7775633,178	617360,840	1087,932	crista	0,0034	0,0081	0,0103	Fixo
GPS76	7775631,665	617367,934	1088,183	crista	0,0090	0,0056	0,0128	Fixo
GPS77	7775631,303	617370,467	1088,050	crista	0,0067	0,0051	0,0115	Fixo
GPS78	7775631,130	617372,715	1087,999	crista	0,0035	0,0047	0,0101	Fixo
GPS79	7775629,762	617380,565	1087,297	crista	0,0036	0,0083	0,0104	Fixo
GPS80	7775634,19	617390,202	1087,749	crista	0,0033	0,0062	0,0102	Fixo
GPS81	7775630,098	617388,04	1086,953	crista	0,0033	0,0043	0,0100	Fixo
GPS82	7775628,129	617388,363	1086,309	crista	0,0048	0,0031	0,0104	Fixo

GPS83	7775629,546	617390,648	1086,203	crista	0,0048	0,006	0,0108	Fixo
GPS84	7775635,344	617391,554	1087,988	crista	0,0035	0,0046	0,0104	Fixo
GPS85	7775637,292	617394,578	1087,675	crista	0,0039	0,0066	0,0104	Fixo
GPS86	7775641,915	617396,828	1087,857	crista	0,0039	0,0035	0,0101	Fixo
GPS87	7775646,659	617396,357	1087,448	crista	0,0031	0,0045	0,0100	Fixo
GPS88	7775651,353	617395,770	1087,565	crista	0,0035	0,0061	0,0102	Fixo
GPS89	7775656,529	617395,162	1087,938	crista	0,0052	0,0058	0,0108	Fixo
GPS90	7775658,827	617394,558	1087,895	crista	0,0068	0,0037	0,0114	Fixo
GPS91	7775663,465	617394,303	1087,962	crista	0,0055	0,0056	0,0110	Fixo
GPS92	7775667,832	617393,845	1088,309	crista	0,0057	0,0064	0,0111	Fixo
GPS93	7775671,097	617393,842	1088,244	crista	0,0064	0,0078	0,0116	Fixo
GPS94	7775673,378	617392,774	1088,228	crista	0,005	0,0064	0,0108	Fixo
GPS95	7775677,468	617392,084	1088,127	crista	0,0075	0,0081	0,0124	Fixo
GPS96	7775685,923	617390,695	1088,152	crista	0,006	0,0036	0,0111	Fixo
GPS97	7775688,977	617389,627	1088,249	crista	0,005	0,0051	0,0107	Fixo
GPS98	7775693,524	617387,458	1088,175	crista	0,0118	0,0051	0,0155	Fixo
GPS99	7775695,594	617384,265	1088,261	crista	0,0069	0,0049	0,0117	Fixo
GPS100	7775696,449	617381,952	1088,543	crista	0,0054	0,0034	0,0109	Fixo
GPS101	7775696,918	617377,062	1088,253	crista	0,0053	0,0032	0,0108	Fixo
GPS102	7775696,233	617372,78	1088,761	crista	0,0058	0,0036	0,011	Fixo
GPS103	7775695,819	617369,982	1088,413	crista	0,0074	0,0039	0,0117	Fixo
GPS104	7775695,672	617368,357	1088,73	crista	0,0051	0,0033	0,0106	Fixo
GPS105	7775695,494	617367,37	1088,485	crista	0,0067	0,0032	0,0113	Fixo
GPS106	7775695,316	617366,5	1088,575	crista	0,0068	0,0034	0,0114	Fixo
GPS107	7775695,597	617364,832	1088,244	crista	0,0074	0,0035	0,0119	Fixo
GPS108	7775694,540	617361,901	1088,652	crista	0,0067	0,0037	0,0114	Fixo
GPS109	7775693,026	617360,65	1088,978	crista	0,0103	0,0053	0,0139	Fixo
GPS110	7775690,330	617359,542	1089,264	crista	0,0053	0,0031	0,0108	Fixo
GPS111	7775686,338	617358,260	1089,207	crista	0,0050	0,0029	0,0107	Fixo
GPS112	7775682,418	617356,277	1088,736	crista	0,0047	0,0032	0,0104	Fixo
GPS113	7775678,446	617353,945	1084,731	crista	0,0047	0,0051	0,0108	Fixo
GPS114	7775676,058	617350,294	1088,351	crista	0,0056	0,0030	0,0108	Fixo
GPS115	7775673,356	617347,421	1088,461	crista	0,0066	0,0033	0,0115	Fixo
GPS116	7775671,458	617345,723	1088,511	crista	0,0077	0,0060	0,0119	Fixo
GPS117	7775669,214	617344,248	1088,109	crista	0,0036	0,0045	0,0103	Fixo
GPS118	7775667,588	617343,227	1088,369	crista	0,0048	0,0032	0,0105	Fixo
GPS119	7775666,501	617341,914	1088,056	crista	0,0052	0,0056	0,0107	Fixo
GPS120	7775665,435	617340,635	1088,174	crista	0,0061	0,0033	0,0112	Fixo
GPS121	7775663,031	617338,463	1087,839	crista	0,0043	0,0029	0,0103	Fixo
GPS122	7775660,683	617336,662	1087,834	crista	0,0071	0,0043	0,0117	Fixo
GPS123	7775659,425	617336,324	1087,509	crista	0,0082	0,0086	0,0125	Fixo
GPS124	7775633,415	617339,627	1085,945	pe	0,0056	0,0042	0,011	Fixo
GPS125	7775629,95	617344,783	1081,124	pe	0,0058	0,0033	0,0108	Fixo
GPS126	7775629,352	617348,466	1084,061	pe	0,0132	0,0112	0,0164	Fixo
GPS127	7775626,279	617353,321	1083,195	pe	0,0047	0,0037	0,0106	Fixo

GPS128	7775623,636	617358,705	1082,219	pe	0,005	0,0033	0,0105	Fixo
GPS129	7775622,129	617364,718	1081,059	pe	0,0125	0,0123	0,0169	Fixo
GPS130	7775620,853	617367,564	1080,500	pe	0,014	0,0071	0,0185	Fixo
GPS131	7775617,779	617373,842	1079,353	pe	0,0138	0,0064	0,0183	Fixo
GPS132	7775614,473	617380,877	1077,786	pe	0,0044	0,0035	0,0122	Fixo
GPS133	7775610,808	617389,597	1076,520	pe	0,0093	0,0064	0,0148	Fixo
GPS134	7775615,363	617389,101	1077,868	pe	0,0043	0,0044	0,0102	Fixo
GPS135	7775618,582	617395,746	1077,282	pe	0,0055	0,0039	0,0125	Fixo
GPS136	7775622,42	617398,039	1077,964	pe	0,0042	0,0053	0,0156	Fixo
GPS137	7775630,039	617402,935	1079,702	pe	0,0066	0,0071	0,0164	Fixo
GPS138	7775637,899	617405,709	1080,902	pe	0,0051	0,0038	0,0160	Fixo
GPS139	7775656,770	617402,094	1082,628	pe	0,0065	0,0065	0,0162	Fixo
GPS140	7775668,228	617401,230	1082,711	pe	0,0056	0,0042	0,0157	Fixo
GPS141	7775676,682	617400,340	1082,869	pe	0,0055	0,0041	0,0150	Fixo
GPS142	7775685,191	617397,635	1082,996	pe	0,0053	0,0041	0,0126	Fixo
GPS143	7775695,475	617394,009	1083,369	pe	0,0143	0,0068	0,0181	Fixo
GPS144	7775701,104	617387,224	1083,385	pe	0,0097	0,0065	0,0145	Fixo
GPS145	7775703,400	617378,956	1083,271	pe	0,0107	0,0052	0,0153	Fixo
GPS146	7775703,394	617373,037	1083,311	pe	0,0069	0,0104	0,0126	Fixo
GPS147	7775702,574	617363,888	1082,903	pe	0,0043	0,0048	0,0113	Fixo
GPS148	7775701,748	617355,863	1082,568	pe	0,0036	0,0104	0,0120	Fixo
GPS149	7775699,462	617352,763	1082,646	pe	0,0094	0,0054	0,0134	Fixo
GPS150	7775696,698	617351,406	1082,536	pe	0,0033	0,0043	0,0108	Fixo
GPS151	7775693,625	617350,064	1082,659	pe	0,0037	0,0046	0,0108	Fixo
GPS152	7775687,382	617348,045	1083,129	pe	0,0046	0,0068	0,0119	Fixo
GPS153	7775682,589	617345,045	1083,413	pe	0,0039	0,0035	0,0111	Fixo
GPS154	7775677,027	617341,945	1084,385	pe	0,0064	0,0059	0,0126	Fixo
GPS155	7775673,063	617339,645	1084,725	pe	0,0063	0,0128	0,0131	Fixo
GPS156	7775670,453	617338,957	1084,845	pe	0,0132	0,0159	0,0171	Fixo
GPS157	7775666,713	617336,2	1085,431	pe	0,0055	0,0094	0,0124	Fixo
GPS158	7775662,096	617333,798	1085,966	pe	0,0076	0,0039	0,0125	Fixo
GPS159	7775659,454	617333,484	1086,189	pe	0,0116	0,0144	0,0163	Fixo
GPS160	7775659,078	617334,96	1086,493	pe	0,0075	0,0078	0,0133	Fixo
GPS161	7775632,020	617342,491	1085,323	pe	0,0155	0,0154	0,0189	Fixo
GPS162	7775626,211	617355,046	1083,208	pe	0,0091	0,0122	0,0144	Fixo
GPS163	7775624,412	617359,364	1082,617	pe	0,0099	0,0116	0,0148	Fixo
GPS164	7775623,331	617362,157	1082,088	pe	0,0104	0,0081	0,0148	Fixo
GPS165	7775621,368	617366,397	1080,674	pe	0,0089	0,0045	0,0133	Fixo
GPS166	7775619,289	617371,500	1079,911	pe	0,0113	0,0144	0,0167	Fixo
GPS167	7775618,089	617375,193	1079,599	pe	0,0124	0,0056	0,0157	Fixo
GPS168	7775617,113	617378,508	1078,832	pe	0,0332	0,0338	0,0355	Fixo
GPS169	7775616,343	617381,473	1078,517	pe	0,0066	0,0049	0,0121	Fixo
GPS170	7775640,471	617350,430	1086,636	<nenhum>	0,0069	0,0049	0,0119	Fixo
GPS171	7775643,218	617348,711	1086,685	<nenhum>	0,0073	0,0054	0,0131	Fixo
GPS172	7775645,834	617349,591	1086,833	<nenhum>	0,0053	0,0042	0,0093	Fixo

GPS173	7775647,409	617351,040	1086,909	<nenhum>	0,0051	0,0072	0,0095	Fixo
GPS174	7775647,483	617353,301	1086,933	<nenhum>	0,0037	0,0059	0,0090	Fixo
GPS175	7775648,094	617355,847	1087,037	<nenhum>	0,0089	0,0081	0,0118	Fixo
GPS176	7775648,833	617358,694	1088,59	<nenhum>	0,0054	0,0075	0,0099	Fixo
GPS177	7775616,976	617376,216	1080,494	<nenhum>	0,0109	0,0056	0,013	Fixo
GPS178	7775615,996	617380,179	1078,583	<nenhum>	0,0062	0,0058	0,0095	Fixo
GPS179	7775614,142	617384,449	1077,841	<nenhum>	0,0099	0,0113	0,0134	Fixo
GPS180	7775614,136	617388,098	1077,253	<nenhum>	0,0068	0,0046	0,0101	Fixo
GPS181	7775614,378	617391,604	1077,125	<nenhum>	0,0038	0,0049	0,0086	Fixo
GPS182	7775615,455	617393,852	1076,836	<nenhum>	0,0088	0,0049	0,0114	Fixo
GPS183	7775618,289	617397,105	1077,129	<nenhum>	0,0052	0,0042	0,0091	Fixo
GPS184	7775620,773	617398,155	1077,378	<nenhum>	0,0056	0,0078	0,0100	Fixo
GPS185	7775622,507	617399,021	1078,087	<nenhum>	0,0068	0,0062	0,0092	Fixo
GPS186	7775625,564	617400,850	1078,737	<nenhum>	0,0051	0,0041	0,0079	Fixo
GPS187	7775629,051	617402,703	1079,539	<nenhum>	0,0084	0,0052	0,0102	Fixo
GPS188	7775632,193	617404,082	1080,022	<nenhum>	0,0040	0,0042	0,0074	Fixo
GPS189	7775634,195	617404,524	1080,285	<nenhum>	0,0040	0,0045	0,0074	Fixo
GPS190	7775637,098	617405,661	1080,846	<nenhum>	0,0050	0,0041	0,0079	Fixo
GPS191	7775639,686	617405,449	1081,156	<nenhum>	0,0051	0,0048	0,0080	Fixo
GPS192	7775643,677	617405,369	1081,769	<nenhum>	0,0045	0,0056	0,0086	Fixo
GPS193	7775646,833	617404,761	1082,243	<nenhum>	0,0098	0,0056	0,0111	Fixo
GPS194	7775649,987	617403,867	1082,499	<nenhum>	0,0041	0,0086	0,0079	Fixo
GPS195	7775653,021	617403,436	1082,645	<nenhum>	0,0078	0,0045	0,0097	Fixo
GPS196	7775656,968	617402,383	1082,595	<nenhum>	0,0097	0,0048	0,0111	Fixo
GPS197	7775662,255	617402,105	1082,647	<nenhum>	0,0045	0,0039	0,0075	Fixo
GPS198	7775665,156	617401,506	1082,713	<nenhum>	0,0059	0,0039	0,0082	Fixo
GPS199	7775668,730	617401,508	1082,727	<nenhum>	0,005	0,0047	0,0079	Fixo
GPS200	7775672,037	617401,112	1082,730	<nenhum>	0,004	0,0034	0,0073	Fixo
GPS201	7775676,464	617400,655	1082,814	<nenhum>	0,006	0,0042	0,0085	Fixo
GPS202	7775678,577	617399,916	1082,787	<nenhum>	0,0032	0,0035	0,0070	Fixo
GPS203	7775682,146	617398,739	1082,771	<nenhum>	0,0032	0,0076	0,0074	Fixo
GPS204	7775685,842	617397,667	1082,85	<nenhum>	0,0045	0,0037	0,0075	Fixo
GPS205	7775690,113	617396,797	1083,085	<nenhum>	0,0038	0,0052	0,0073	Fixo
GPS206	7775692,948	617395,55	1083,270	<nenhum>	0,0070	0,0067	0,0093	Fixo
GPS207	7775695,517	617394,075	1083,341	<nenhum>	0,0043	0,0100	0,0082	Fixo
GPS208	7775697,593	617392,182	1083,414	<nenhum>	0,0045	0,0049	0,0077	Fixo
GPS209	7775699,437	617389,971	1083,457	<nenhum>	0,0053	0,0091	0,0084	Fixo
GPS210	7775701,106	617387,119	1083,403	<nenhum>	0,0041	0,0131	0,0087	Fixo
GPS211	7775702,267	617384,827	1083,216	<nenhum>	0,0038	0,0085	0,0077	Fixo
GPS212	7775702,940	617381,644	1083,155	<nenhum>	0,0061	0,011	0,0093	Fixo
GPS213	7775703,440	617379,026	1083,255	<nenhum>	0,0074	0,0109	0,0101	Fixo
GPS214	7775703,621	617376,307	1083,208	<nenhum>	0,0057	0,0060	0,0083	Fixo
GPS215	7775703,521	617373,383	1083,210	<nenhum>	0,0058	0,0090	0,0088	Fixo
GPS216	7775703,392	617370,833	1083,304	<nenhum>	0,0069	0,0068	0,0094	Fixo
GPS217	7775702,944	617367,657	1083,093	<nenhum>	0,0053	0,0099	0,0086	Fixo

GPS218	7775702,684	617364,490	1082,873	<nenhum>	0,0082	0,0133	0,0111	Fixo
GPS219	7775702,267	617361,471	1082,808	<nenhum>	0,0068	0,0088	0,0094	Fixo
GPS220	7775702,040	617358,482	1082,605	<nenhum>	0,0050	0,0085	0,0083	Fixo
GPS221	7775701,574	617355,058	1082,543	<nenhum>	0,0058	0,0061	0,0085	Fixo
GPS222	7775700,387	617353,185	1082,462	<nenhum>	0,0035	0,0088	0,0076	Fixo
GPS223	7775697,682	617351,627	1082,425	<nenhum>	0,0068	0,0047	0,0090	Fixo
GPS224	7775695,100	617350,378	1082,626	<nenhum>	0,0047	0,0076	0,0079	Fixo
GPS225	7775693,784	617349,875	1082,621	<nenhum>	0,0053	0,0077	0,0084	Fixo
GPS226	7775688,232	617347,999	1083,051	<nenhum>	0,0130	0,0083	0,0145	Fixo
GPS227	7775686,184	617346,976	1083,029	<nenhum>	0,0123	0,0101	0,0139	Fixo
GPS228	7775683,660	617345,558	1083,246	<nenhum>	0,0098	0,0079	0,0117	Fixo
GPS229	7775681,236	617343,760	1083,684	<nenhum>	0,0063	0,004	0,0090	Fixo
GPS230	7775679,039	617342,718	1084,082	<nenhum>	0,0147	0,0159	0,0166	Fixo
GPS231	7775676,671	617341,696	1084,575	<nenhum>	0,0047	0,0048	0,0081	Fixo
GPS232	7775675,112	617340,599	1084,512	<nenhum>	0,0062	0,0039	0,0088	Fixo
GPS233	7775672,581	617339,452	1084,730	<nenhum>	0,008	0,0057	0,0102	Fixo
GPS234	7775670,475	617338,925	1084,815	<nenhum>	0,0042	0,0065	0,0082	Fixo
GPS235	7775667,150	617337,334	1081,228	<nenhum>	0,0068	0,0131	0,0103	Fixo
GPS236	7775665,565	617335,503	1085,595	<nenhum>	0,0089	0,0085	0,0134	Fixo
GPS237	7775663,338	617334,097	1085,845	<nenhum>	0,0113	0,0117	0,0133	Fixo
GPS238	7775661,035	617333,372	1086,07	<nenhum>	0,0084	0,0084	0,0111	Fixo
GPS239	7775658,706	617333,697	1086,205	<nenhum>	0,0092	0,0092	0,0115	Fixo

APÊNDICE B :Pontos de controle do RPA – coordenadas UTM

Nome	Norte	Leste	Altitude (Elip.)	Descrição	SigmaN	SigmaE	SigmaH	Tipo de Solução
PC01	7775662,868	617370,173	1087,204	<nenhum>	0,0067	0,0065	0,0114	Fixo
PC02	7775645,295	617336,214	1086,762	<nenhum>	0,0081	0,0091	0,0128	Fixo
PC03	7775615,915	617364,268	1081,066	<nenhum>	0,008	0,0038	0,0117	Fixo
PC04	7775612,869	617395,592	1076,373	<nenhum>	0,0083	0,0041	0,0137	Fixo
PC05	7775697,884	617395,491	1083,285	<nenhum>	0,0037	0,0067	0,0119	Fixo
PC06	7775651,905	617405,990	1082,838	<nenhum>	0,0041	0,006	0,0114	Fixo
PC07	7775704,999	617364,393	1082,945	<nenhum>	0,0152	0,0171	0,0184	Fixo
PC08	7775677,682	617338,527	1084,682	<nenhum>	0,0054	0,0051	0,0110	Fixo

APÊNDICE C: Pontos de tomada do *laser scanner* – coordenadas UTM

Nome	Norte	Leste	Altitude (Elip,)	Descrição	SigmaN	SigmaE	SigmaH	Tipo de Solução
SC01	7775659,074	617395,057	1090,814	<nenhum>	0,016	0,010	0,017	Fixo
SC02	7775671,896	617362,491	1090,714	<nenhum>	0,005	0,011	0,009	Fixo
SC03	7775642,073	617367,409	1089,967	<nenhum>	0,007	0,011	0,010	Fixo
SC04	7775630,700	617329,088	1090,280	<nenhum>	0,005	0,004	0,009	Fixo
SC05	7775615,374	617361,321	1084,543	<nenhum>	0,004	0,005	0,008	Fixo
SC06	7775600,102	617396,615	1078,103	<nenhum>	0,004	0,005	0,008	Fixo
SC07	7775628,598	617405,665	1082,944	<nenhum>	0,007	0,010	0,010	Fixo
SC08	7775640,139	617409,249	1084,651	<nenhum>	0,006	0,009	0,009	Fixo
SC09	7775663,426	617408,105	1085,836	<nenhum>	0,004	0,006	0,008	Fixo
SC10	7775687,516	617404,035	1085,745	<nenhum>	0,005	0,005	0,009	Fixo
SC11	7775702,389	617390,421	1086,265	<nenhum>	0,005	0,006	0,009	Fixo
SC12	7775706,216	617377,035	1086,145	<nenhum>	0,008	0,007	0,010	Fixo
SC13	7775707,324	617357,629	1085,285	<nenhum>	0,005	0,005	0,009	Fixo
SC14	7775694,972	617334,004	1086,988	<nenhum>	0,011	0,009	0,190	Float
SC15	7775674,935	617330,410	1088,600	<nenhum>	0,009	0,009	0,014	Fixo
SC16	7775653,865	617324,252	1090,110	<nenhum>	0,004	0,004	0,010	Fixo
SC17	7775653,229	617355,796	1090,013	<nenhum>	0,005	0,005	0,010	Fixo

APÊNDICE D: Pontos no modo RTK para fins de cálculo de volume – coordenadas Topográficas e altitude ortométrica

Nome	Descrição	Norte	Este	Cota	Convergência
GPS1	TOPOGRAFICA	7775635,319	617340,658	1091,744	0°00'00,35"
GPS2	TOPOGRAFICA	7775636,055	617342,692	1091,788	0°00'00,33"
GPS3	TOPOGRAFICA	7775636,364	617347,342	1091,858	0°00'00,27"
GPS4	TOPOGRAFICA	7775636,761	617350,977	1091,838	0°00'00,23"
GPS5	TOPOGRAFICA	7775636,682	617357,337	1091,965	0°00'00,15"
GPS6	TOPOGRAFICA	7775635,88	617362,951	1091,992	0°00'00,09"
GPS7	TOPOGRAFICA	7775634,794	617367,829	1092,056	0°00'00,03"
GPS8	TOPOGRAFICA	7775633,634	617372,365	1092,055	360°00'00,00"
GPS9	TOPOGRAFICA	7775632,802	617374,31	1092,125	359°59'59,95"
GPS10	TOPOGRAFICA	7775632,489	617376,579	1092,038	359°59'59,92"
GPS11	TOPOGRAFICA	7775631,411	617382,849	1092,148	359°59'59,85"
GPS12	TOPOGRAFICA	7775633,899	617386,999	1092,277	359°59'59,80"
GPS13	TOPOGRAFICA	7775636,942	617393,826	1088,644	359°59'59,73"
GPS14	TOPOGRAFICA	7775642,176	617396,341	1088,633	359°59'59,70"
GPS15	TOPOGRAFICA	7775640,566	617395,391	1093	359°59'59,70"
GPS16	TOPOGRAFICA	7775646,483	617395,885	1092,631	359°59'59,70"
GPS17	TOPOGRAFICA	7775651,4	617395,132	1092,786	359°59'59,70"
GPS18	TOPOGRAFICA	7775656,437	617393,49	1092,705	359°59'59,72"
GPS19	TOPOGRAFICA	7775663,292	617392,351	1092,925	359°59'59,74"
GPS20	TOPOGRAFICA	7775665,375	617391,222	1092,905	359°59'59,75"
GPS21	TOPOGRAFICA	7775670,696	617392,017	1093,083	359°59'59,74"
GPS22	TOPOGRAFICA	7775681,509	617390,075	1093,123	359°59'59,76"
GPS23	TOPOGRAFICA	7775689,423	617388,198	1093,135	359°59'59,79"
GPS24	TOPOGRAFICA	7775693,414	617384,922	1093,319	359°59'59,83"
GPS25	TOPOGRAFICA	7775695,654	617379,168	1093,337	359°59'59,89"
GPS26	TOPOGRAFICA	7775695,098	617373,404	1093,587	359°59'59,96"
GPS27	TOPOGRAFICA	7775694,999	617369,043	1093,759	0°00'00,01"
GPS28	TOPOGRAFICA	7775694,456	617365,886	1093,726	0°00'00,05"
GPS29	TOPOGRAFICA	7775693,789	617363,512	1093,719	0°00'00,08"
GPS30	TOPOGRAFICA	7775692,397	617362,048	1093,753	0°00'00,10"
GPS31	TOPOGRAFICA	7775690,321	617361,969	1093,701	0°00'00,10"
GPS32	TOPOGRAFICA	7775686,826	617361,86	1089,661	0°00'00,10"
GPS33	TOPOGRAFICA	7775684,049	617359,979	1093,521	0°00'00,12"
GPS34	TOPOGRAFICA	7775680,876	617357,259	1093,311	0°00'00,15"
GPS35	TOPOGRAFICA	7775677,644	617354,142	1093,069	0°00'00,19"
GPS36	TOPOGRAFICA	7775674,636	617351,066	1092,898	0°00'00,23"
GPS37	TOPOGRAFICA	7775671,473	617347,97	1092,781	0°00'00,26"
GPS38	TOPOGRAFICA	7775668,024	617346,178	1092,695	0°00'00,28"
GPS39	TOPOGRAFICA	7775665,998	617343,969	1092,613	0°00'00,31"
GPS40	TOPOGRAFICA	7775664,02	617341,962	1092,434	0°00'00,33"
GPS41	TOPOGRAFICA	7775661,594	617339,583	1092,227	0°00'00,36"

GPS42	TOPOGRAFICA	7775658,515	617337,934	1092,14	0°00'00,38"
GPS43	TOPOGRAFICA	7775657,926	617336,579	1092,06	0°00'00,40"
GPS44	TOPOGRAFICA	7775657,668	617335,641	1091,778	0°00'00,41"
GPS45	TOPOGRAFICA	7775654,928	617336,046	1092,055	0°00'00,40"
GPS46	TOPOGRAFICA	7775652,619	617336,305	1092,061	0°00'00,40"
GPS47	TOPOGRAFICA	7775648,781	617337,588	1092,094	0°00'00,39"
GPS48	TOPOGRAFICA	7775642,235	617338,301	1092,116	0°00'00,38"
GPS49	TOPOGRAFICA	7775643,723	617347,998	1092,128	0°00'00,26"
GPS50	TOPOGRAFICA	7775645,169	617357,129	1092,336	0°00'00,15"
GPS51	TOPOGRAFICA	7775643,759	617361,772	1092,402	0°00'00,10"
GPS52	TOPOGRAFICA	7775639,227	617363,302	1092,153	0°00'00,08"
GPS53	TOPOGRAFICA	7775638,871	617368,551	1092,03	0°00'00,02"
GPS54	TOPOGRAFICA	7775642,662	617371,218	1092,44	359°59'59,99"
GPS55	TOPOGRAFICA	7775638,113	617377,947	1092,095	359°59'59,91"
GPS56	TOPOGRAFICA	7775643,552	617392,616	1092,583	359°59'59,73"
GPS57	TOPOGRAFICA	7775650,777	617385,326	1092,356	359°59'59,82"
GPS58	TOPOGRAFICA	7775651,562	617379,177	1092,343	359°59'59,89"
GPS59	TOPOGRAFICA	7775656,223	617370,259	1092,54	0°00'00,00"
GPS60	TOPOGRAFICA	7775659,445	617354,942	1092,799	0°00'00,18"
GPS61	TOPOGRAFICA	7775665,901	617352,256	1092,838	0°00'00,21"
GPS62	TOPOGRAFICA	7775668,752	617361,64	1092,983	0°00'00,10"
GPS63	TOPOGRAFICA	7775667,425	617372,983	1092,804	359°59'59,97"
GPS64	TOPOGRAFICA	7775667,428	617384,169	1092,765	359°59'59,83"
GPS65	TOPOGRAFICA	7775674,912	617382,656	1092,995	359°59'59,85"
GPS66	TOPOGRAFICA	7775676,432	617375,709	1093,017	359°59'59,93"
GPS67	TOPOGRAFICA	7775676,991	617369,329	1093,221	0°00'00,01"
GPS68	TOPOGRAFICA	7775678,803	617362,852	1093,284	0°00'00,09"
GPS69	TOPOGRAFICA	7775685,067	617365,485	1093,496	0°00'00,06"
GPS70	TOPOGRAFICA	7775683,733	617373,757	1093,359	359°59'59,96"
GPS71	TOPOGRAFICA	7775682,211	617382,218	1093,054	359°59'59,86"
GPS72	TOPOGRAFICA	7775634,45	617340,113	1091,631	0°00'00,36"
GPS73	TOPOGRAFICA	7775634,579	617342,085	1092,183	0°00'00,33"
GPS74	TOPOGRAFICA	7775634,079	617348,839	1092,869	0°00'00,25"
GPS75	TOPOGRAFICA	7775633,104	617361,037	1093,362	0°00'00,11"
GPS76	TOPOGRAFICA	7775631,638	617368,144	1093,613	0°00'00,02"
GPS77	TOPOGRAFICA	7775631,293	617370,68	1093,48	359°59'59,99"
GPS78	TOPOGRAFICA	7775631,135	617372,93	1093,429	359°59'59,97"
GPS79	TOPOGRAFICA	7775629,82	617380,792	1092,727	359°59'59,87"
GPS80	TOPOGRAFICA	7775634,314	617390,403	1093,179	359°59'59,76"
GPS81	TOPOGRAFICA	7775630,206	617388,268	1092,383	359°59'59,79"
GPS82	TOPOGRAFICA	7775628,239	617388,604	1091,739	359°59'59,78"
GPS83	TOPOGRAFICA	7775629,672	617390,88	1091,633	359°59'59,75"
GPS84	TOPOGRAFICA	7775635,478	617391,748	1093,418	359°59'59,74"
GPS85	TOPOGRAFICA	7775637,447	617394,76	1093,105	359°59'59,71"
GPS86	TOPOGRAFICA	7775642,087	617396,979	1093,287	359°59'59,68"

GPS87	TOPOGRAFICA	7775646,829	617396,476	1092,878	359°59'59,69"
GPS88	TOPOGRAFICA	7775651,521	617395,857	1092,995	359°59'59,70"
GPS89	TOPOGRAFICA	7775656,695	617395,214	1093,368	359°59'59,70"
GPS90	TOPOGRAFICA	7775658,99	617394,595	1093,325	359°59'59,71"
GPS91	TOPOGRAFICA	7775663,628	617394,308	1093,392	359°59'59,71"
GPS92	TOPOGRAFICA	7775667,994	617393,821	1093,739	359°59'59,72"
GPS93	TOPOGRAFICA	7775671,26	617393,796	1093,674	359°59'59,72"
GPS94	TOPOGRAFICA	7775673,534	617392,712	1093,658	359°59'59,73"
GPS95	TOPOGRAFICA	7775677,621	617391,994	1093,557	359°59'59,74"
GPS96	TOPOGRAFICA	7775686,07	617390,547	1093,582	359°59'59,76"
GPS97	TOPOGRAFICA	7775689,118	617389,458	1093,679	359°59'59,77"
GPS98	TOPOGRAFICA	7775693,652	617387,258	1093,605	359°59'59,80"
GPS99	TOPOGRAFICA	7775695,701	617384,05	1093,691	359°59'59,84"
GPS100	TOPOGRAFICA	7775696,541	617381,73	1093,973	359°59'59,86"
GPS101	TOPOGRAFICA	7775696,977	617376,835	1093,683	359°59'59,92"
GPS102	TOPOGRAFICA	7775696,263	617372,556	1094,191	359°59'59,97"
GPS103	TOPOGRAFICA	7775695,83	617369,76	1093,843	0°00'00,00"
GPS104	TOPOGRAFICA	7775695,672	617368,135	1094,16	0°00'00,02"
GPS105	TOPOGRAFICA	7775695,487	617367,149	1093,915	0°00'00,04"
GPS106	TOPOGRAFICA	7775695,304	617366,28	1094,005	0°00'00,05"
GPS107	TOPOGRAFICA	7775695,573	617364,609	1093,674	0°00'00,07"
GPS108	TOPOGRAFICA	7775694,496	617361,684	1094,082	0°00'00,10"
GPS109	TOPOGRAFICA	7775692,973	617360,443	1094,408	0°00'00,12"
GPS110	TOPOGRAFICA	7775690,269	617359,353	1094,694	0°00'00,13"
GPS111	TOPOGRAFICA	7775686,267	617358,097	1094,637	0°00'00,14"
GPS112	TOPOGRAFICA	7775682,332	617356,14	1094,166	0°00'00,17"
GPS113	TOPOGRAFICA	7775678,343	617353,834	1090,161	0°00'00,20"
GPS114	TOPOGRAFICA	7775675,929	617350,198	1093,781	0°00'00,24"
GPS115	TOPOGRAFICA	7775673,207	617347,342	1093,891	0°00'00,27"
GPS116	TOPOGRAFICA	7775671,296	617345,656	1093,941	0°00'00,29"
GPS117	TOPOGRAFICA	7775669,042	617344,195	1093,539	0°00'00,31"
GPS118	TOPOGRAFICA	7775667,408	617343,185	1093,799	0°00'00,32"
GPS119	TOPOGRAFICA	7775666,312	617341,879	1093,486	0°00'00,33"
GPS120	TOPOGRAFICA	7775665,237	617340,607	1093,604	0°00'00,35"
GPS121	TOPOGRAFICA	7775662,817	617338,45	1093,269	0°00'00,38"
GPS122	TOPOGRAFICA	7775660,456	617336,664	1093,264	0°00'00,40"
GPS123	TOPOGRAFICA	7775659,196	617336,334	1092,939	0°00'00,40"
GPS124	TOPOGRAFICA	7775633,198	617339,814	1091,375	0°00'00,36"
GPS125	TOPOGRAFICA	7775629,766	617344,995	1086,554	0°00'00,30"
GPS126	TOPOGRAFICA	7775629,193	617348,684	1089,491	0°00'00,25"
GPS127	TOPOGRAFICA	7775626,152	617353,561	1088,625	0°00'00,20"
GPS128	TOPOGRAFICA	7775623,544	617358,965	1087,649	0°00'00,13"
GPS129	TOPOGRAFICA	7775622,077	617364,991	1086,489	0°00'00,06"
GPS130	TOPOGRAFICA	7775620,82	617367,846	1085,93	0°00'00,03"
GPS131	TOPOGRAFICA	7775617,787	617374,147	1084,783	359°59'59,95"

GPS132	TOPOGRAFICA	7775614,527	617381,207	1083,216	359°59'59,87"
GPS133	TOPOGRAFICA	7775610,919	617389,955	1081,95	359°59'59,77"
GPS134	TOPOGRAFICA	7775615,473	617389,428	1083,298	359°59'59,77"
GPS135	TOPOGRAFICA	7775618,738	617396,054	1082,712	359°59'59,69"
GPS136	TOPOGRAFICA	7775622,593	617398,322	1083,394	359°59'59,67"
GPS137	TOPOGRAFICA	7775630,248	617403,169	1085,132	359°59'59,61"
GPS138	TOPOGRAFICA	7775638,129	617405,891	1086,332	359°59'59,58"
GPS139	TOPOGRAFICA	7775656,983	617402,147	1088,058	359°59'59,62"
GPS140	TOPOGRAFICA	7775668,439	617401,206	1088,141	359°59'59,63"
GPS141	TOPOGRAFICA	7775676,891	617400,258	1088,299	359°59'59,64"
GPS142	TOPOGRAFICA	7775685,385	617397,495	1088,426	359°59'59,68"
GPS143	TOPOGRAFICA	7775695,648	617393,798	1088,799	359°59'59,72"
GPS144	TOPOGRAFICA	7775701,233	617386,973	1088,815	359°59'59,80"
GPS145	TOPOGRAFICA	7775703,475	617378,686	1088,701	359°59'59,90"
GPS146	TOPOGRAFICA	7775703,429	617372,765	1088,741	359°59'59,97"
GPS147	TOPOGRAFICA	7775702,547	617363,618	1088,333	0°00'00,08"
GPS148	TOPOGRAFICA	7775701,666	617355,596	1087,998	0°00'00,17"
GPS149	TOPOGRAFICA	7775699,358	617352,51	1088,076	0°00'00,21"
GPS150	TOPOGRAFICA	7775696,584	617351,171	1087,966	0°00'00,22"
GPS151	TOPOGRAFICA	7775693,501	617349,849	1088,089	0°00'00,24"
GPS152	TOPOGRAFICA	7775687,242	617347,871	1088,559	0°00'00,26"
GPS153	TOPOGRAFICA	7775682,427	617344,903	1088,843	0°00'00,30"
GPS154	TOPOGRAFICA	7775676,842	617341,839	1089,815	0°00'00,34"
GPS155	TOPOGRAFICA	7775672,861	617339,565	1090,155	0°00'00,36"
GPS156	TOPOGRAFICA	7775670,245	617338,894	1090,275	0°00'00,37"
GPS157	TOPOGRAFICA	7775666,485	617336,161	1090,861	0°00'00,40"
GPS158	TOPOGRAFICA	7775661,851	617333,79	1091,396	0°00'00,43"
GPS159	TOPOGRAFICA	7775659,205	617333,493	1091,619	0°00'00,43"
GPS160	TOPOGRAFICA	7775658,839	617334,972	1091,923	0°00'00,42"
GPS161	TOPOGRAFICA	7775631,822	617342,689	1090,753	0°00'00,33"
GPS162	TOPOGRAFICA	7775626,095	617355,287	1088,638	0°00'00,18"
GPS163	TOPOGRAFICA	7775624,325	617359,619	1088,047	0°00'00,12"
GPS164	TOPOGRAFICA	7775623,262	617362,421	1087,518	0°00'00,09"
GPS165	TOPOGRAFICA	7775621,327	617366,675	1086,104	0°00'00,04"
GPS166	TOPOGRAFICA	7775619,282	617371,794	1085,341	359°59'59,98"
GPS167	TOPOGRAFICA	7775618,106	617375,497	1085,029	359°59'59,94"
GPS168	TOPOGRAFICA	7775617,152	617378,82	1084,262	359°59'59,90"
GPS169	TOPOGRAFICA	7775616,402	617381,791	1083,947	359°59'59,86"
GPS170	TOPOGRAFICA	7775640,329	617350,574	1092,066	0°00'00,23"
GPS171	TOPOGRAFICA	7775643,066	617348,835	1092,115	0°00'00,25"
GPS172	TOPOGRAFICA	7775645,689	617349,698	1092,263	0°00'00,24"
GPS173	TOPOGRAFICA	7775647,274	617351,137	1092,339	0°00'00,23"
GPS174	TOPOGRAFICA	7775647,363	617353,398	1092,363	0°00'00,20"
GPS175	TOPOGRAFICA	7775647,992	617355,941	1092,467	0°00'00,17"
GPS176	TOPOGRAFICA	7775648,75	617358,784	1094,02	0°00'00,13"

GPS177	TOPOGRAFICA	7775616,999	617376,528	1085,924	359°59'59,92"
GPS178	TOPOGRAFICA	7775616,046	617380,499	1084,013	359°59'59,88"
GPS179	TOPOGRAFICA	7775614,22	617384,783	1083,271	359°59'59,83"
GPS180	TOPOGRAFICA	7775614,238	617388,433	1082,683	359°59'59,78"
GPS181	TOPOGRAFICA	7775614,504	617391,939	1082,555	359°59'59,74"
GPS182	TOPOGRAFICA	7775615,597	617394,181	1082,266	359°59'59,72"
GPS183	TOPOGRAFICA	7775618,454	617397,416	1082,559	359°59'59,68"
GPS184	TOPOGRAFICA	7775620,946	617398,449	1082,808	359°59'59,67"
GPS185	TOPOGRAFICA	7775622,686	617399,304	1083,517	359°59'59,66"
GPS186	TOPOGRAFICA	7775625,757	617401,113	1084,167	359°59'59,63"
GPS187	TOPOGRAFICA	7775629,258	617402,943	1084,969	359°59'59,61"
GPS188	TOPOGRAFICA	7775632,41	617404,302	1085,452	359°59'59,60"
GPS189	TOPOGRAFICA	7775634,416	617404,73	1085,715	359°59'59,59"
GPS190	TOPOGRAFICA	7775637,328	617405,848	1086,276	359°59'59,58"
GPS191	TOPOGRAFICA	7775639,915	617405,619	1086,586	359°59'59,58"
GPS192	TOPOGRAFICA	7775643,907	617405,512	1087,199	359°59'59,58"
GPS193	TOPOGRAFICA	7775647,06	617404,882	1087,673	359°59'59,59"
GPS194	TOPOGRAFICA	7775650,209	617403,967	1087,929	359°59'59,60"
GPS195	TOPOGRAFICA	7775653,242	617403,515	1088,075	359°59'59,61"
GPS196	TOPOGRAFICA	7775657,183	617402,435	1088,025	359°59'59,62"
GPS197	TOPOGRAFICA	7775662,47	617402,121	1088,077	359°59'59,62"
GPS198	TOPOGRAFICA	7775665,368	617401,502	1088,143	359°59'59,63"
GPS199	TOPOGRAFICA	7775668,944	617401,48	1088,157	359°59'59,63"
GPS200	TOPOGRAFICA	7775672,249	617401,062	1088,16	359°59'59,63"
GPS201	TOPOGRAFICA	7775676,675	617400,575	1088,244	359°59'59,64"
GPS202	TOPOGRAFICA	7775678,784	617399,821	1088,217	359°59'59,65"
GPS203	TOPOGRAFICA	7775682,346	617398,62	1088,201	359°59'59,66"
GPS204	TOPOGRAFICA	7775686,036	617397,523	1088,28	359°59'59,68"
GPS205	TOPOGRAFICA	7775690,303	617396,623	1088,515	359°59'59,69"
GPS206	TOPOGRAFICA	7775693,13	617395,357	1088,7	359°59'59,70"
GPS207	TOPOGRAFICA	7775695,691	617393,864	1088,771	359°59'59,72"
GPS208	TOPOGRAFICA	7775697,755	617391,956	1088,844	359°59'59,74"
GPS209	TOPOGRAFICA	7775699,584	617389,732	1088,887	359°59'59,77"
GPS210	TOPOGRAFICA	7775701,235	617386,868	1088,833	359°59'59,80"
GPS211	TOPOGRAFICA	7775702,381	617384,567	1088,646	359°59'59,83"
GPS212	TOPOGRAFICA	7775703,033	617381,378	1088,585	359°59'59,87"
GPS213	TOPOGRAFICA	7775703,515	617378,756	1088,685	359°59'59,90"
GPS214	TOPOGRAFICA	7775703,678	617376,035	1088,638	359°59'59,93"
GPS215	TOPOGRAFICA	7775703,558	617373,11	1088,64	359°59'59,97"
GPS216	TOPOGRAFICA	7775703,412	617370,56	1088,734	0°00'00,00"
GPS217	TOPOGRAFICA	7775702,942	617367,386	1088,523	0°00'00,03"
GPS218	TOPOGRAFICA	7775702,661	617364,219	1088,303	0°00'00,07"
GPS219	TOPOGRAFICA	7775702,223	617361,202	1088,238	0°00'00,11"
GPS220	TOPOGRAFICA	7775701,976	617358,214	1088,035	0°00'00,14"
GPS221	TOPOGRAFICA	7775701,487	617354,791	1087,973	0°00'00,18"

GPS222	TOPOGRAFICA	7775700,287	617352,926	1087,892	0°00'00,20"
GPS223	TOPOGRAFICA	7775697,57	617351,385	1087,855	0°00'00,22"
GPS224	TOPOGRAFICA	7775694,979	617350,153	1088,056	0°00'00,24"
GPS225	TOPOGRAFICA	7775693,659	617349,659	1088,051	0°00'00,24"
GPS226	TOPOGRAFICA	7775688,092	617347,82	1088,481	0°00'00,26"
GPS227	TOPOGRAFICA	7775686,036	617346,81	1088,459	0°00'00,28"
GPS228	TOPOGRAFICA	7775683,502	617345,409	1088,676	0°00'00,29"
GPS229	TOPOGRAFICA	7775681,065	617343,626	1089,114	0°00'00,31"
GPS230	TOPOGRAFICA	7775678,86	617342,599	1089,512	0°00'00,33"
GPS231	TOPOGRAFICA	7775676,484	617341,592	1090,005	0°00'00,34"
GPS232	TOPOGRAFICA	7775674,917	617340,505	1089,942	0°00'00,35"
GPS233	TOPOGRAFICA	7775672,378	617339,375	1090,16	0°00'00,36"
GPS234	TOPOGRAFICA	7775670,267	617338,862	1090,245	0°00'00,37"
GPS235	TOPOGRAFICA	7775666,93	617337,293	1086,658	0°00'00,39"
GPS236	TOPOGRAFICA	7775665,332	617335,472	1091,025	0°00'00,41"
GPS237	TOPOGRAFICA	7775663,095	617334,08	1091,275	0°00'00,43"
GPS238	TOPOGRAFICA	7775660,786	617333,371	1091,5	0°00'00,44"
GPS239	TOPOGRAFICA	7775658,459	617333,711	1091,635	0°00'00,43"

APÊNDICE E: Pontos de controle do RPA – coordenadas Topográficas

Nome	Descrição	Norte	Este	Cota	Convergência
PC01	TOPOGRAFICA	7775662,868	617370,173	1092,634	0°00'00,00"
PC02	TOPOGRAFICA	7775645,059	617336,32	1092,192	0°00'00,40"
PC03	TOPOGRAFICA	7775615,858	617364,582	1086,496	0°00'00,07"
PC04	TOPOGRAFICA	7775613,022	617395,939	1081,803	359°59'59,70"
PC05	TOPOGRAFICA	7775698,068	617395,265	1088,715	359°59'59,70"
PC6	TOPOGRAFICA	7775652,142	617406,077	1088,268	359°59'59,58"
PC07	TOPOGRAFICA	7775704,976	617364,107	1088,375	0°00'00,07"
PC08	TOPOGRAFICA	7775677,474	617338,415	1090,112	0°00'00,38"

APÊNDICE F: Pontos de tomada do *laser scanner* – coordenadas Topográficas

Nome	Descrição	Norte	Este	Cota	Convergência
SC01	TOPOGRAFICA	7775659,24	617395,092	1094,876	-0°00'00,29"
SC02	TOPOGRAFICA	7775671,848	617362,427	1094,776	0°00'00,09"
SC03	TOPOGRAFICA	7775642,047	617367,548	1094,029	0°00'00,03"
SC04	TOPOGRAFICA	7775630,411	617329,289	1094,342	0°00'00,48"
SC05	TOPOGRAFICA	7775615,296	617361,637	1088,605	0°00'00,10"
SC06	TOPOGRAFICA	7775600,257	617397,048	1082,165	-0°00'00,32"
SC07	TOPOGRAFICA	7775628,824	617405,908	1087,006	-0°00'00,42"
SC08	TOPOGRAFICA	7775640,394	617409,417	1088,713	-0°00'00,46"
SC09	TOPOGRAFICA	7775663,682	617408,116	1089,898	-0°00'00,45"
SC10	TOPOGRAFICA	7775687,754	617403,882	1089,807	-0°00'00,40"
SC11	TOPOGRAFICA	7775702,54	617390,161	1090,327	-0°00'00,24"
SC12	TOPOGRAFICA	7775706,279	617376,745	1090,207	-0°00'00,08"
SC13	TOPOGRAFICA	7775707,256	617357,324	1089,347	0°00'00,15"
SC14	TOPOGRAFICA	7775694,74	617333,773	1091,05	0°00'00,43"
SC15	TOPOGRAFICA	7775674,672	617330,314	1092,662	0°00'00,47"
SC16	TOPOGRAFICA	7775653,552	617324,294	1094,172	0°00'00,54"
SC17	TOPOGRAFICA	7775653,128	617355,855	1094,075	0°00'00,17"

ANEXOS

ANEXO A: Especificação técnica do receptor GNSS Triumph 1 – JAVAD

Descrição: Total de 216 canais (GPS L1/L2/L5, Galileo E1/E5A/E5B, GLONASS L1/L2/LS, QZSS L1/L2/L5, Beidou B1/B2 e SBAS L1/L5). Receptor integrado, robusto e design inteligente, com interface MinPad.	
Especificação de rastreamento	
Sinais rastreados	<u>GPS</u> C/A, P1, P2, L2C (L+M), L5 (I+Q) <u>Galileo</u> E1(B+C), E5A (I+Q), E5B((I+Q), AltBoc <u>GLONASS</u> C/A, L2C, P1, P2, L3 (I+Q) QZSS C/A, L1C(I+Q), L2C (L+M), L5 (I+Q), SAIF <u>BeiDou</u> B1, B2 SBAS L1, L5
Especificações de desempenho	
Autônomo	<2 m
Precisão Modo Estático e Estático	Rápido Horizontal: 3 mm + 0.1 ppm Vertical: 3. 5 mm + 0.4 ppm
Precisão Modo Cinemático	Horizontal: 10 mm + 1 ppm Vertical: 15 mm + 1 ppm
Precisão Modo RTK (OTF)	Horizontal: 10 mm + 1 ppm Vertical: 15 mm + 1 ppm
Precisão Modo DGPS	< 0.25 m (Pós Processamento) < 0.5 m (Tempo real)
Inicialização Fria	< 35 segundos
Inicialização Quente	< 5 segundos
Reaquisição	< 1 segundo
ESPECIFICAÇÕES DE ENERGIA	
Bateria	Duas baterias internas de Ion-Lítio (7.4 V, 5.8 Ah cada) com carregador interno
Tempo de Operação	Até 18 horas
Entrada Bateria Externa	+10 a +30 volts
ESPECIFICAÇÕES ANTENA GNSS	

Antena GNSS	Integrada
Tipo de Antena	Microstrip (Zero Centered)
Plano de Terra	Antena em um plano de terra
ESPECIFICAÇÕES DO RÁDIO	
Módulo GSM/GPRS/EDGE	Internal GSM/GPRS/EDGE quad-band module, GPRS/EDGE Class 10
Módulo CDMA 2000	Internal CDMA2000 dual band module 800/1900MHz
Rádio Modem UHF	Rádio transceptor Interno 360-470MHz, até 38.4kbps
Potência de Saída (Base)	1 watt
I/O	
Portas de Comunicação	2 Portas Seriais (RS232) até 460.8 kbps Porta USB 2.0 Alta velocidade (480 Mbps) Full-duplex 10BASE-T/100BASE-TX Ethernet port Wi-Fi (IEEE 802.11b/g) Bluetooth V2.0+EDR Class 2 supporting SPP Slave and Master Profiles
Outros Sinais	I/O 1 PPS sincronizado Marcador de Evento
Indicador de Status	Seis LEDs, duas teclas de função (MinPad)
MEMÓRIA & GRAVAÇÃO DE DADOS	
Memória Interna	Até 2048MB de memória não removível para armazenamento de dados
Gravação de Dados Brutos	Até 100 vezes por segundo (100Hz)
Tipo de Dados	Código e Portadora de GPS L1/L2, Galileo E1/E5A, GLONASS L1/L2
DADOS TEMPO REAL	

Entrada/Saída	RTCM SC104 versões 2.x e 3.x, CMR e JPS
Saída	NMEA 0183 versões 2.x e 3.0, BINEX
ESPECIFICAÇÕES DE AMBIENTE	
Corpo do Equipamento	Liga de Magnésio e plástico moldado, à prova d'água IP67
Temperatura de Operação	-40° C a +60° C *
Temperatura de Armazenamento	-45° C a +85° C **
Umidade	100% de condensação
Choque	Suporta a uma queda de 2m sobre uma superfície rígida.
Dimensões	W:178 mm x H:96 mm x D:178 mm
Peso	1700 g

ANEXO B: Especificação técnica da RPA - Phantom 4 Pró – DJI

Peso (Bateria e Hélices Incluídas)	1380 g
Tamanho Diagonal (Hélices Excluídas)	350 mm
Velocidade Máxima de Subida	Modo S: 6 m / s
Velocidade Máxima de Descida	Modo S: 4 m / s
Velocidade máxima	Modo S: 20 m / s
Ângulo de inclinação máximo	Modo S: 42 ° Modo A: 35 ° Modo P: 15 °
Velocidade Angular Máxima	Modo S: 200 ° / s Modo A: 150 ° / s
Teto Máximo de Serviço Acima do Nível do Mar	19685 pés (6000 m)
Resistência máxima da velocidade do vento	10 m / s
Tempo Máximo de Voo	Aprox. 28 minutos
Faixa de temperatura operacional	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Sistemas de Posicionamento por Satélite	GPS / GLONASS
Faixa de Precisão Hover	Vertical: ± 0,1 m (com posicionamento de visão) ± 0,5 m (com posicionamento GPS) Horizontal: ± 0,3 m (com posicionamento de visão) ± 1,5 m (com posicionamento GPS)

ANEXO C: Especificação técnica do Laser Scanner VZ 2000 – RIEGL

VZ 2000					
Taxa de Emissão de Pulsos	50 Khz	100Khz	300Khz	550Khz	1MHz
Taxa de Medição	21.000pts/s	42.000pts/s	122.000pts/s	230.000pts/s	396.000pts/s
Alcance Máximo: Alvos Refletividade>90% Alvos refletividade>20%	2050m 1050m	1800m 930m	1000m 500m	750m 370m	580m 280m
Distância mínima	2.5m				
Campo de visão	360x100				
Compensador vertical	10 Graus				
Câmera digital	Destacável				
Índice de proteção	IP64				
Consumo de Energia	Tip. 85w (max. 110w)				
Peso	9,9Kg				
Dimensões	196x 203x308				

ANEXO D: ARTIGO CIENTÍFICO

PARAMÉTRICA

ISSN: 2238-3220

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CÁLCULO DE VOLUME OBTIDO A PARTIR DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO POR DIFERENTES TIPOS DE EQUIPAMENTO**COMPARATIVE STUDY BETWEEN CALCULATION OF VOLUME OBTAINED FROM TOPOGRAPHIC SURVEY DRAWN BY DIFFERENT TYPES OF EQUIPMENT****RESUMO**

Ao longo dos últimos anos, a topografia passou por significativos e constantes avanços tecnológicos, sobretudo no que se refere à evolução dos instrumentos utilizados para coletar e representar o relevo terrestre. Tendo em vista, os impactos ocasionados pela escolha dos equipamentos de medição, tanto na precisão quanto no nível de detalhes com que se obtém o modelo da superfície terrestre, verifica-se a necessidade de um estudo técnico que compare os resultados obtidos no cálculo de volumes a partir de levantamentos topográficos realizados por diferentes tipos de equipamentos. A esta pesquisa coube, comparar os resultados obtidos pelos seguintes instrumentos: receptores dos sinais GNSS, *laser scanner* e RPA, (popularmente conhecido como VANT ou DRONE). Os resultados encontrados indicam que o *laser scanner* e o RPA representaram melhor os detalhes do terreno, garantindo que o cálculo de volume seja mais próximo da realidade e viabilizando, assim, obras de engenharia.

Palavras-chave: *laser scanner* terrestre; RPA; receptor GNSS; comparativo de cálculo de volumes.

ABSTRACT

Over the last few years, topography has undergone constant and significant technological advances, especially with regard to the evolution of the instruments used to collect and represent the earth's surface. In view of the impacts caused by the choice of the measurement equipment, both in precision and in level of detail with which one obtains the model of the terrestrial surface, there is a need for a technical study that compares the results obtained in the calculation of volumes from topographic surveys carried out by different types of equipment. This research seeks to compare the results obtained by the following instruments: GNSS signal receiver, laser scanner and RPA (commonly known as VANT or DRONE). The results indicate that laser scanner and RPA represent better the details of the terrain, ensuring that volume calculation is closer to reality and thus enabling engineering works.

Keywords: terrestrial laser scanner; RPA; GNSS receiver; comparative calculation of volumes.

Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837
CEP 30510-120
Fone (31) 3372-3703
parametrica@feamig.br
<http://www.feamig.br/revista>

Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa
wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza
raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

A representação do ambiente, sempre foi uma questão de sobrevivência e desenvolvimento para o homem, no passado era feita pela observação e descrição do meio, atualmente tendo em vista, todos os avanços tecnológicos ocorridos na engenharia de agrimensura, a exigência por levantamentos topográficos que sejam mais rápidos e precisos é cada vez maior, principalmente no que tange a representação do relevo terrestre para fins de projetos de engenharia e para implantação de obras. Tal exigência se justifica, uma vez que, quanto mais detalhado e preciso for o levantamento topográfico, mais assertivos serão os cálculos dos orçamentos necessários para a viabilização das obras e menos erros serão cometidos durante a sua implantação, o que, reduz retrabalhos e por consequência os custos da obra. A parte mais significativa do orçamento de obras que demandam movimentação de terra concentra-se nos pagamentos dos volumes transportados.

Além das obras de engenharia, o cálculo preciso de volumes também é de suma importância, por exemplo, nas minerações, onde todo o material extraído é armazenado em pilhas a céu aberto ou em galpões e comercializado por peso, em toneladas, sendo calculado em função do volume e da densidade do material.

A determinação do volume preciso de um material está diretamente relacionada à precisão do levantamento topográfico sobre o qual, será feito o cálculo. Como já dito, os equipamentos de medição, passaram por grande evolução, o que, contribui de forma direta para que esses trabalhos sejam feitos em menor tempo e de forma mais detalhada e precisa.

Os instrumentos convencionais, por exemplo, teodolito e estação total, proporcionam menor produtividade e menor precisão com relação a representação do terreno a ser levantado quando comparados aos novos, como receptores *Global Navigation Satellite Systems* ou Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), *laser scanner* e *Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronave Remotamente Pilotada (RPA). Alguns profissionais da engenharia de agrimensura ainda fazem uso dos equipamentos convencionais, em grande parte devido à falta de conhecimento para manusear estes equipamentos mais modernos e lidar com os dados gerados pelo mesmo. Esse avanço tecnológico na área de agrimensura ocorreu em grande velocidade e muitos profissionais não conseguiram acompanhar este desenvolvimento e ficaram defasados no uso destas novas tecnologias.

Uma outra razão para que profissionais e empresas ainda não usem toda a tecnologia disponível se deve ao fato de que, algumas ainda são muito caras, como é o

caso do *scanner*, pois mesmo sendo mais produtivo e preciso muitos profissionais e empresas somente buscam usá-lo em serviços no qual o seu uso é uma exigência do contratante ou que pela natureza dos serviços a serem executados o uso do *scanner* se torne um grande diferencial de precisão, prazo de entrega e custo operacional. Assim como aconteceu com outros equipamentos como a estação total e os receptores GNSS, o que se espera para os próximos anos com o aumento da concorrência, tanto entre os fabricantes de laser *scanner* quanto de outras tecnologias como RPA, é uma redução do preço do laser *scanner*, tornando cada vez mais viável o seu uso.

Portanto, diante dos avanços tecnológicos ocorridos na área da topografia, torna-se relevante este estudo que, busca identificar os impactos econômicos e profissionais ocasionados pela seleção dos equipamentos de medição a serem usados em levantamentos topográficos que tem por finalidade o cálculo de volumes. Para tanto, foram analisados três tipos de equipamentos levando-se em consideração, a precisão dos resultados obtidos, o tempo de execução e o custo/ benefício de cada um. Desta forma, será demonstrado de maneira detalhada o comparativo do cálculo de volumes com os instrumentos abordados e as possíveis consequências devido à escolha dos mesmos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Existem diferenças significativas nos resultados do cálculo de volume obtidos através de levantamento topográfico realizado por diferentes tipos de equipamentos?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Formas de representação da Terra

Diante de pesquisas e estudos sabe-se hoje que a terra tem na verdade uma forma bastante complexa, não sendo possível representá-la apenas de uma forma.

Na superfície Topográfica, também conhecida como superfície física, é onde são executadas as medições e observações que constituem o objeto a ser descrito pela topografia (ERBA, 2003).

O Elipsóide permite maior precisão de representação da Terra, por se tratar de uma

forma matemática que mais se aproxima da verdadeira forma da superfície terrestre (TIMBÓ, 2001). Esta é a forma matemática adotada pelos geodestas para representar a terra.

Já o Geóide é constituído pelo prolongamento do nível médio dos mares, sendo a melhor representação da forma da Terra, no entanto, não possui uma forma matemática bem definida (SARAIVA; TULER, 2014). É a superfície utilizada como referência para as altitudes ortométricas.

2.2 Sistemas de referência

Como o elipsoide é a forma matemática que mais se aproxima da forma real da Terra, ele está diretamente relacionado com os sistemas de referência. O conjunto de parâmetros que relaciona um elipsoide local e um sistema de referência geodésico, é chamado de datum geodésico (SARAIVA; TULER, 2014).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o sistema de referência é constituído por uma figura geométrica que expressa as características da superfície terrestre, que permite a localização única de cada ponto da superfície, em função de suas coordenadas tridimensionais e deve ser materializado por uma rede de estações geodésicas.

Ainda de acordo com o IBGE (2016), O Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000) é oficialmente o sistema geodésico de referência adotado pelo Brasil. O IBGE observa que, quando se emprega sistemas que não são respaldados na lei podem ocorrer inconsistências e imprecisões nos dados de diferentes bases combinadas.

2.3 Sistemas de Coordenadas

“Sistema de Coordenadas: É um conjunto de linhas de referência que cobrem a superfície (esférica, elipsoidal, cartesiana) com a finalidade de permitir a localização precisa de qualquer ponto sobre a mesma” (SANTOS, 2017, p.10 grifo do autor).

2.3.1 Sistema de coordenadas topográficas

“Geralmente, esse sistema tem origem arbitrária, ou seja, são sugeridas coordenadas para o primeiro vértice da poligonal (X, Y e cota), de forma que os demais pontos tenham este como referência para o levantamento” (SARAIVA; TULER, 2014, p. 30).

2.3.2 Sistema de coordenadas UTM

- * Projeção conforme Gauss: cilíndrica, transversa e secante.
- * Sistemas parciais, correspondendo a fusos de 6° de amplitude, sendo, portanto, um total de 60 fusos, tendo como origem o antimeridiano de Greenwich.
- * Extensão da latitude para regiões compreendidas entre 80°N e 80°S.
- * A origem do sistema de coordenadas planas se dá no cruzamento do meridiano central de cada fuso com o equador.
- * As coordenadas recebem os nomes de (E) Este para o eixo das abscissas e (N) Norte para as ordenadas. Na origem do sistema, a coordenada Este recebe o valor de 500.000,00m e a coordenada Norte recebe o valor de 10.000.000,000m para o hemisfério sul e 0,000m para o hemisfério norte. Estes valores foram atribuídos à origem do sistema, para evitar que as coordenadas tenham valores negativos.
- * Os fusos variam de 1 a 60, contados a partir do antimeridiano de Greenwich de oeste para leste.
- * Área mapeada contínua.
- * Não ultrapassar tolerâncias de escalas para minimizar os erros.
- * Sistema ortogonal, cujas áreas possuem um único sistema de coordenadas plano retangulares.
- * Convergência meridiana não ultrapassar 5°.
- * Possibilidade de prolongamento de fuso sobre fusos adjacentes em até trinta minutos. Essa área de sobreposição facilita o trabalho em campo quando se trata de atividades cujas áreas de interesse estejam no limite entre fuso (SARAIVA; TULER, 2014).

2.4 Tipos de Levantamentos

2.4.1 Levantamentos Geodésicos

Existem dois tipos de levantamentos: os geodésicos e os topográficos.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), regulamenta o levantamento geodésico em território brasileiro e o define como um conjunto de atividades onde se realizam medições e observações físicas e geométricas que levam à obtenção de coordenadas (parâmetros) dos pontos a que se refere (IBGE, 1983).

Os Levantamentos geodésicos levam em consideração a curvatura da superfície da Terra, sendo assim, podem ser utilizados em trabalhos de pequena e grande escala (MCCORMAC, 2007).

A Topografia é a ciência que estuda a determinação das dimensões e contornos da superfície da Terra, por meio de medição de distâncias, direções e altitudes. Além das medições de campo, através da Topografia, é possível realizar o cálculo de áreas, volumes e afins (MCCORMAC, 2007).

Segundo Erba (2003), não só a Topografia, mas também, a Geodésia está diretamente ligada aos processos de levantamento e representação da superfície terrestre.

A principal diferença existente entre essas duas ciências, é que, a Topografia estuda o particular, limitando-se à reprodução de áreas com dimensões mais reduzidas, enquanto, a Geodésia, parte para o geral, obtendo informações como forma geométrica, tamanho e campo gravitacional da Terra como um todo (SARAIVA; TULER, 2014). Os mesmos autores citam que, a Geodésia faz com que, os pontos levantados localmente, sejam referenciados globalmente.

A norma técnica brasileira, que regulamenta a execução de levantamentos topográficos é a NBR 13133, de maio de 1994, caracteriza levantamento topográfico, como “um 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” (ABNT, 1994, p. 3).

Em casos de projetos de mapeamento de grande extensão, é necessário realizar alguns ajustamentos por causa da curvatura da Terra, no entanto, como os levantamentos topográficos são realizados em pequenas áreas, este fator não é levado em consideração (MCCORMAC, 2007).

2.5 Transformação de coordenadas

De acordo com Tuler e Saraiva (2016) as obras de engenharia de pequeno a médio porte se baseiam no plano topográfico e são levantadas, projetadas e locadas nessa superfície física. Quando o levantamento considera um sistema de projeção cartográfico ou outra superfície de referência, como é o caso do GPS que utiliza um sistema geodésico de referência, transformações deverão ser efetuadas para correlacionar essas informações de um mesmo ponto. A transformação de coordenadas pode ser aplicada em duas situações: no campo e no escritório (SARAIVA; TULER, 2016).

Segundo Saraiva e Tuler (2016), as coordenadas geodésicas são baseadas no elipsoide de referência, já as coordenadas UTM possuem deformações por serem resultantes da projeção cartográfica cilíndrica conforme e, as coordenadas topográficas são obtidas na superfície terrestre (campo topográfico).

Uma transformação entre os sistemas de referência da projeção UTM para o plano topográfico local deve ser executado para, evitar que as deformações de distâncias causadas pela projeção UTM interfiram nos cálculos da área e conseqüentemente do volume de uma determinada porção da superfície terrestre que tenha dimensões compatíveis com o plano topográfico.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa se divide em dois critérios, são eles: quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins, tem caráter exploratória com a finalidade de desenvolver, esclarecer e modificar. Quanto aos meios tange a pesquisa de campo com o intuito de informar, enriquecer computar dos dados e os transcrever para o texto através de gráficos, tabelas, dentre outros.

3.1 O ambiente em estudo

A área onde foi realizado o levantamento topográfico, trata-se de uma pilha de estéril (Figura 1), localizada na Mineradora denominada Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda. (Companhia de Mineração), localizada em Nova Lima/ MG.



Figura 1: Pilha de estéril - Área levantada

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

3.2 Equipamentos e *softwares* utilizados

Para a coleta de dados pontual, foi utilizado o receptor GNSS Triumph 1 – JAVAD, no levantamento aéreo, ou aerofotogrametria, utilizou-se RPA Phantom 4 Pró, e por último, para o escaneamento da pilha levantada, foi empregado o laser scanner terrestre VZ 2000 – Riegl.

Após o levantamento de campo, os softwares utilizados para processamentos de dados e para o cálculo de volume, tanto por MDT quando por seção, foram: RiscanPro, Agisoft PhotoScan e Topograph -98 Se.

3.3 Coleta de dados

3.3.1 Receptor GNSS Triumph 1 – JAVAD

O receptor base foi posicionado sobre um tripé de alumínio em um ponto qualquer, e configurado com a função de rastrear e obter via satélite as coordenadas de sua posição, desta forma realizando o levantamento pós-processado, como mostra a Figura 2.

Fez-se desta forma para que a base pudesse ter um bom tempo de rastreamento, assim garantido a sua precisão após o processamento.



Figura 2: Receptor GNSS Triumph 1 – JAVAD

Fonte: Catálogo informativo Triumph 1, 2018.

Após a instalação da base, à medida que ia rastreando o ponto de referência do levantamento, a mesma foi preparada com o auxílio da coletora para trabalhar no modo RTK, transmitindo através do rádio interno as correções diferenciais para o receptor rover.

O segundo receptor denominado como rover, foi acoplado sobre um bastão de alumínio, e com o auxílio da coletora configurado para trabalhar no modo RTK, recebendo o sinal de rádio interno transmitido pela base, desta forma este receptor recebe, em tempo real, as correções enviadas pela base.

Na coletora há um *software* que possibilita realizar essas configurações de campo e a comunicação com os receptores, que se dá via *bluetooth*. E é através da radiofrequência que as informações de coordenadas via satélite corrigidas em tempo real, chegam ao rover para que assim os pontos de interesse possam ser coletados e armazenados na controladora.

3.3.2 RPA – Phantom 4 Pro – DJI



Figura 3: RPA – Phantom 4 Pro – DJI
Fonte: Catálogo informativo DJI, 2018.

Antes de se realizar o levantamento propriamente dito, foi elaborado um plano de voo com o recurso de um aplicativo de *smartphone* chamado *Drone Deploy*, que necessita de rede de internet para o bom funcionamento, por este motivo a preparação do voo foi realizada no escritório, antecedendo a etapa de campo.

No plano de voo foram obtidos alguns preceitos a respeito deste, a ser executado como: altitude, velocidade, percentual de sobreposição das imagens e área de abrangência.

Antes de efetuar o levantamento aerofotogramétrico, foram criados 8 (oito) pontos de controle com gesso em pó, em formato de cruz com dimensões aproximadas de 1mx1m no entorno e em cima da pilha. E Estes pontos de controle tiveram as coordenadas

coletadas com o receptor GNSS rover, pois futuramente seriam utilizados no processamento dos dados.

Para dar início à coleta de dados, o equipamento foi ligado e suas hélices são ativadas, em seguida, deve-se conectar o smartphone ao controle remoto do drone via cabo, e esse por sua vez via radiofrequência com o drone. Todos os dados do plano de vôo foram repassados para o dispositivo e após o comando dado no *software*, inicia-se o voo captando as imagens e respeitando as configurações pré-estabelecidas no aplicativo.

3.3.3 Laser scanner



Figura 4: Receptor GNSS acoplado ao Laser scanner
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O mecanismo de escaneamento é composto por um espelho giratório multifacetado que fornece linhas de escaneamento unidirecionais e paralelas, desta forma o laser scanner foi montado sobre um tripé de alumínio em vários pontos estratégicos no entorno e sobre a pilha, fazendo a varredura pela tecnologia laser. A partir de um comando no visor do equipamento, é que se dá início ao levantamento.

Os pontos onde o equipamento é estacionado, para realizar o levantamento dos dados, recebem o nome de “tomadas”. A cada “tomada” são emitidos 200.000 pulsos emitidos por segundo, dando um giro de 360º na horizontal e na vertical tendo visada de 100 graus, sendo 60 graus para cima e 40 graus para baixo, por “tomada”.

As informações coletadas pelo laser são representadas em sua nuvem de pontos e um segundo equipamento foi acoplado ao laser para que as tomadas tivessem suas informações de coordenadas levantadas. Desta forma, além da varredura realizada, um

receptor GNSS configurado para trabalhar no modo RTK, efetuava essas leituras nos posicionamentos do laser.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Determinação do volume da pilha de estéril, utilizando os objetos de estudo

Para a determinação do volume, criou-se uma área derivada de um polígono que contornou toda a base da pilha (no nível do solo onde foi depositado o material). Essa área se tornou o plano de referência, ou seja, simulando um levantamento primitivo da área e assim sendo possível o cálculo do volume ali disposto.

Os cálculos de cada equipamento foram feitos separadamente de acordo com os seus resultados processados respectivamente, e se deram da seguinte forma:

Com os dados coletados com os receptores GNSS, criou-se uma área derivada de um polígono que contornou toda a base da pilha (no nível do solo onde foi depositado o material). Essa área se tornou o primitivo de referencia, ou seja, simulando um levantamento primitivo da área e assim sendo possível o calculo do volume ali disposto.

Para determinar o volume da pilha com base no levantamento realizado pelo RPA, utilizou-se o mesmo plano de referência criado anteriormente. A nuvem de pontos foi triangulada e assim calculou-se o volume da pilha em metros cúbicos (m³).

Por conseguinte, a nuvem de pontos gerada após o processamento dos dados do *Laser Scanner*, seguiu também o mesmo raciocínio de cálculo dos outros equipamentos utilizados. E da mesma forma, gerando o volume a partir do modelo digital do terreno, e o volume expresso em metros cúbicos (m³). Na Figura 5 a seguir foram ilustrados os modelos digitais do terreno das três superfícies e os respectivos volumes obtidos.

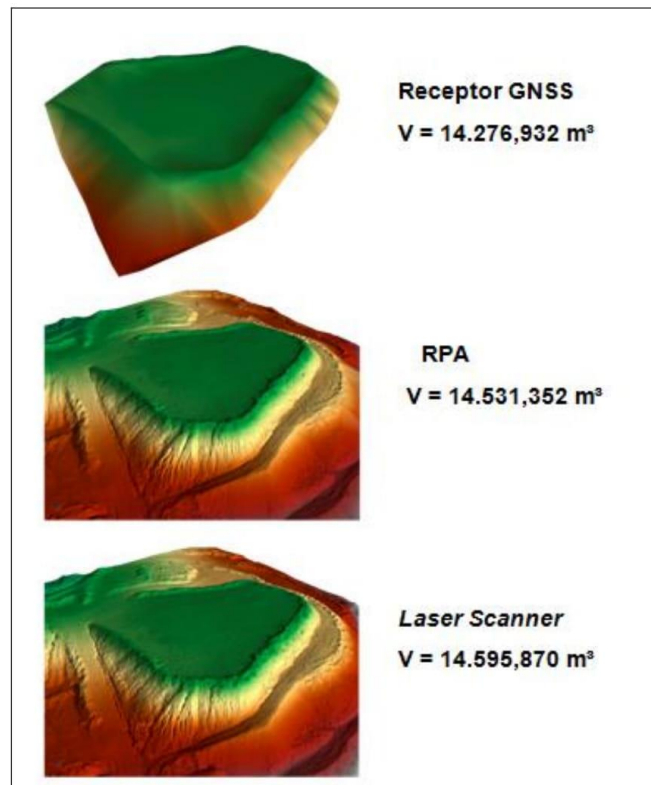


Figura 5: MDT e resultado dos volumes obtidos através de cada um dos três equipamentos
 Fonte: Os autores, (2018).

4.2 Apresentação das vantagens e desvantagens do emprego de cada um dos equipamentos no levantamento topográfico realizado para fins de cálculo de volume.

4.2.1 GNSS

Vantagens: Preciso, cobertura mundial por 24 horas, menor tempo de processamento, trabalha em qualquer condição de tempo, sistema estável, serviço de processamento gratuito, controle dos dados em campo, coleta de dados finais (N, E, H), dispensa poligonais topográficas, maior produtividade, menor custo de mão de obra e dispensa a intervisibilidade entre os pontos de base e *rover*.

Desvantagens: Necessita de sinal de satélite, não trabalha em áreas fechadas, pode sofrer interferência no sinal de rádio, dificuldades de funcionamento em áreas muito arborizadas e/ou edificadas, impossibilidade de tratamento dos dados.

4.2.2 RPA

Vantagens: Agilidade no levantamento, baixo custo, flexibilidade na obtenção de imagens, facilidade de uso, imagem de alta qualidade.

Desvantagens: Muito sensível a determinadas condições climáticas como vento forte e chuva, para se ter o posicionamento real é necessário o uso de um equipamento que capte sinal do sistema GNSS, tempo de voo reduzido devido à duração da bateria.

4.2.3 Laser Scanner

Vantagens: Elevada quantidade de pontos coletados por segundo, velocidade do levantamento, representação tridimensional do objeto estudado através de uma densa nuvem de pontos, precisão milimétrica na representação.

Desvantagens: Alto custo do equipamento e software de processamento, muito sensível a determinada condição climática (chuva), para se ter o posicionamento real é necessário o uso de um equipamento que capte sinal do sistema GNSS.

4.3. Comparar resultados do cálculo de volume realizado pelo método das seções e pelo método do modelo digital do terreno (MDT);

Fez-se a comparação do volume entre o MDT e o método das seções para que possa verificar quão significativas são as diferenças no resultado de volume obtidos por essas duas formas.

No topograph – 98 (TG98) foi importado o mesmo primitivo de referência utilizado no *RiscanPro* sobre ele foram inseridos o MDT de cada um dos equipamentos e traçou-se um eixo perpendicular o qual foi estaqueado e as seções tipo foram criadas vinculadas ao mesmo. Dessa forma foi calculado o volume de cada um separadamente.

Equipamento	Volume – Seções (m ³)	MDT	Percentual de diferença
Receptor GNSS	14.185,913	14.276,932	1,01
RPA	14.530,071	14.531,352	1,00
<i>Laser Scanner</i>	14.595,857	14.595,870	1,00

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos e análises desenvolvidos nesta pesquisa, levaram à conclusão de que com base nas exigências da topografia em representar melhor o terreno de forma mais fidedigna e garantir que o cálculo de volume seja mais próximo da realidade e viabilizando as obras de engenharia evitando comprometimento do orçamento das mesmas, deve-se eleger o equipamento mais adequado levando em conta o custo/benefício do mesmo, a qualidade dos resultados obtidos através dos levantamentos realizados por cada um deles e também a efetividade na qual o equipamento apresenta para cada tipo de trabalho.

Apesar do volume real da pilha de estéril em estudo ser desconhecido, observou-se que o laser scanner e o RPA representaram melhor os detalhes do terreno, sendo possível identificar com bastante clareza os desníveis da pilha, erosões ao longo de sua encosta, dentre outros detalhes que claramente não foram perceptíveis no resultado final obtido pelo levantamento utilizando apenas o receptor GNSS, apesar de ter uma quantidade considerável de pontos coletados. Desta forma, considerou-se que os produtos adquiridos pelo *Laser Scanner* terrestre e pelo RPA, foram os que mais se aproximaram da verdadeira forma da superfície levantada no método do Modelo Digital do Terreno, no qual tem-se como parâmetro o pé da pilha, formando um plano de referência.

Ainda que haja divergência entre os resultados dos cálculos de volumes obtidos pelo Método das Seções e pelo MDT, esta diferença não se mostra relevante na situação da pilha de estéril dessa pesquisa, que por ser uma área pequena, aplicou-se um curto intervalo entre as seções no qual não possibilita uma análise mais assertiva entre os métodos de cálculos utilizados. Para que a diferença fosse expressiva, seria necessário o estudo de uma área maior.

A partir da análise feita entre as vantagens e desvantagens dos equipamentos utilizados, e levando em consideração aqueles que apresentaram os melhores resultados, percebeu-se que ambos não dispensam o uso do receptor GNSS. Sendo assim, apesar do avanço tecnológico, ainda é necessário que se faça uma coleta pontual para que se tenha uma base na obtenção de produtos mais satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CPE. CPE Engenharia. **Engenharia GPS / GNSS. JAVAD**. Disponível em: <<http://www.cpetecnologia.com.br/engenharia/gps-gnss/15/triumph-1/javad>>. Acesso em 08 mar. 2018.

ERBA, D. A. et al. **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**. São Leopoldo, Rio Grande do Sul: Editora Unisinos, 2003.

GOOGLE EARTH. **Imagem da Mineradora Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda**. Nova Lima, 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/Mineradora+denominada+Pedras+Congonhas+Extra%C3%A7%C3%A3o+Arte+Ind%C3%Bastia+Ltda.,+localizada+em+Nova+Lima%2F+MG/@-20.1113919,-43.8759658,648m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rede de referência cadastral municipal: procedimento**. NBR 14166. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1983). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2016). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

MCCORMAC, Jack C.. **Topografia**. Tradução de Daniel Carneiro da Silva, Revisão técnica de Daniel Rodrigues dos Santos, Douglas Corbari Corrêa e Felipe Coutinho Ferreira da Silva. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SANTOS, Afonso de Paula. **Sistema de referência terrestre**. Viçosa, 2017.

SARAIVA, Sérgio; TULER, Marcelo. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SARAIVA, Sérgio; TULER, Marcelo. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014

TIMBÓ, Marcos A. **Elementos de Cartografia**. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.meusiteantigo.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Cartografia.htm>> Acesso em Abril de 2018