

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Bruno Ferreira Silva

ESTUDO COMPARATIVO DE GNSS E ESTAÇÃO TOTAL NO
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

João Pessoa

2017

Bruno Ferreira Silva

ESTUDO COMPARATIVO DE GNSS E ESTAÇÃO TOTAL NO
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado para a banca examinadora do curso de Engenharia Civil para obtenção de nota como requisito parcial para obtenção de grau Superior em Engenharia Civil

João Pessoa

2017

S381e Silva, Bruno Ferreira

Estudo comparativo de GNSS e Estação Total no levantamento topográfico. Bruno Ferreira Silva. – João Pessoa, 2017.

36 f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

Monografia (Curso de Graduação Bacharel em Engenharia Civil)
Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Levantamento 2. GNSS 3. Estação Total. 4. tempo de leitura
I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 624 (043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRUNO FERREIRA SILVA

ESTUDO COMPARATIVO DE GNSS E ESTAÇÃO TOTAL NO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Trabalho de Conclusão de Curso em 01/06/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Fábio Lopes Soares
Prof. Dr. Fábio Lopes Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga
Profa. Dra. Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga
Universidade Federal da Paraíba

aprovado

Clóvis Dias
Prof. Dr. Clóvis Dias
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

Ana Cláudia
Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

À Mariana Oliveira, por ter me ajudado imensamente na confecção desse trabalho.

À Jessé Pedro, por ter me orientado no uso correto dos equipamentos e conversão dos dados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Lopes, por ter organizado e arrumado os problemas que apareceram na concepção desse trabalho.

RESUMO

Desde os primórdios da humanidade, procurou-se descobrir mais sobre o lugar onde se vive e as particularidades do local em que se reside. À medida que o homem foi estudando, testando e melhorando seus métodos de entendimento, foi aumentando sua compreensão do local, e assim desenvolvendo técnicas e maneiras de se representá-lo para futuras gerações. Assim, o conhecimento foi se tornando especializado, e a tecnologia permitiu uma aquisição dessas informações sobre o terreno de maneira sistemática e precisa. Este trabalho procurou realizar um experimento para comparar dois métodos de levantamento topográfico conhecidos e amplamente aplicados no mercado, procurando analisar características de tempo de coleta e facilidade na interpretação dos resultados, além da possibilidade de uma modernização com a introdução de uma nova técnica. Utilizou-se uma área definida no Campus I da Universidade Federal da Paraíba para observação e manuseio dos equipamentos de Sistema Global de Navegação por Satélite, ou GNSS, e do Teodolito Estação Total, obtendo mapas planimétricos da área e fazendo as comparações entre eles. Com esses resultados, fez-se uma discussão e analisaram-se as características de ambos, vendo as potencialidades da Estação Total em relação ao GNSS. Em contrapartida, entendeu-se as vantagens do GNSS ante a Estação. Descobriu-se então, que os métodos se complementam para seu uso em Engenharia Civil.

Palavras-chave: Levantamento, GNSS, Estação Total, tempo de leitura.

ABSTRACT

Since the dawn of humanity, it was sought to discover more about the place where it lives and the particularities of the site where it resides. As mankind began studying, testing and improving their understanding methods, your site comprehension was improving as well, and so began developing techniques and ways of representing it for future generations. So, the knowledge was becoming specialized, and the technology allowed an acquirement of those information about the place in a systematic and precise way. This paper sought to realize an experiment to compare two known and widely applied topographic surveying methods in the market, looking to analyze characteristics of time of data gathering and ease of the results interpretation, besides the possibility of a modernization with the introduction of a new technique. It was used an area defined on Campus I of the Universidade Federal da Paraiba to observe and handle the equipments of Global Navigation Satellite System, or GNSS, and the Total Station Theodolite, obtaining planimetric maps of the area and making the comparisons between them. With those results, it was made a discussion and analyzed both characteristics, seeing the potentialities of the Total Station in relation to GNSS. Likewise, it came to understanding the advantages of the GNSS before the Station. It was discovered then, that both methods complement each other for its use in Civil Engineering.

Keywords: Surveying, GNSS, Total Station Theodolite, reading time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de levantamento planialtimétrico em igreja no Alto do Mateus, João Pessoa, Paraíba, feito com Estação Total da marca RUÍDE®	10
Figura 2 - Exemplo de curvatura da terra e do plano topográfico	11
Figura 3 - Exemplo de uso de Teodolito Estação Total	12
Figura 4 - Demonstrativo de levantamento planimétrico por triangulação	13
Figura 5 – Trecho de levantamento altimétrico de um projeto de estradas	13
Figura 6 – Exemplo de equipamento de medida direta, a trena	14
Figura 7 – Equipamentos GPS de navegação	15
Figura 8 – Ângulos mais comuns para fotogrametria	15
Figura 9 – Disposição dos satélites do sistema GPS	16
Figura 10 – Drone do tipo quadricóptero	17
Figura 11 – Foto da maleta do GNSS da marca EPOCH 35®	20
Figura 12 – Foto da antena de Base (esquerda) e Rover (direita). Detalhe marcado da antena	21
Figura 13 – Foto do aparelho coletor NOMAD®	21
Figura 14 – Demonstrativo da Estação Total utilizada da marca KOLIDA®	22
Figura 15 – Foto do prisma da Estação Total	23
Figura 16 – Área de experimento, vista em planta aérea	24
Figura 17 – Vista em perspectiva da área delimitada	24
Figura 18 – Foto do GNSS locado e em execução	25
Figura 19 – Foto da Estação Total pronta para iniciar o levantamento	25
Figura 20 – Mapa do levantamento com estação total	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	9
1.2	Justificativa	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Topografia	10
2.2	Levantamento Topográfico	12
2.3	Sensoriamento Remoto	14
2.4	Contexto histórico	17
3	METODOLOGIA	20
3.1	Descrição geral	20
3.2	Equipamentos utilizados	20
3.2.1	GNSS	20
3.2.2	Estação Total	22
3.2.3	VANT	23
3.3	Área de experimento	23
3.4	Procedimento experimental	25
4	RESULTADOS	27
4.1	Levantamento com Estação Total	27
4.2	Levantamento com GNSS	28
4.3	Comparação e Discussão	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A topografia é uma ciência de suma importância para descrição e demonstração do local em que se vive, identificando suas particularidades. Para isso, utilizam-se equipamentos específicos para descrever a zona, como a trena e o teodolito.

O presente trabalho será dividido em revisão de literatura, metodologia de levantamento, marcação dos pontos mais importantes, apresentação dos equipamentos utilizados, escolha da área para o trabalho, análise dos dados coletados *in loco*, discussão dos resultados dessa análise e considerações finais acerca do tema, procurando justificar a escolha de tais equipamentos, a possibilidade de um novo método para uso, se é competitivo o suficiente para o mercado, com possíveis trabalhos similares para comparar os resultados.

Nessa linha, o trabalho a seguir mostrará um estudo comparativo de dois equipamentos utilizados comumente em levantamentos topográficos e apresentará uma nova solução que tem ficado mais evidente nos últimos anos com suas aplicações, e sua posterior utilização para os levantamentos.

A atividade se iniciou usando a técnica da topografia, para descrever o lugar. O produto da ação topográfica é um desenho ilustrativo em planta do terreno, contendo informações sobre medidas horizontais e verticais, linhas de guia indicando pontos de mesma altura, pontos de captura de informação, definidos na hora do levantamento, além de outras de acordo com o equipamento utilizado. Para o experimento, utilizaram-se dois aparelhos de cunho topográfico moderno, o Teodolito Estação Total e a antena de captação do GNSS.

1.1 Objetivos

- Verificar o andamento da tecnologia de levantamento
 - Verificar as vantagens e desvantagens da Estação Total através de leitura de prisma, e do GNSS através das antenas de captação.
 - Verificar os tempos de levantamento total, os tempos de aquisição de um único ponto, a quantidade de pontos e a precisão dos equipamentos.

1.2 Justificativa

Para o trabalho se vê a necessidade de comparar esses métodos de levantamento mais recentes com as técnicas mais antigas, que já têm sua eficácia comprovada por anos de estudo e experimentação, sendo amplamente empregadas no ramo profissional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a elaboração desse estudo, foram utilizadas publicações em revistas, artigos científicos, apostilas de apoio e livros-textos localizados pela internet de datas mais recentes, para fundamentar e conceituar dos assuntos. Através da revisão da literatura disponível tanto no Brasil como no exterior, explicou-se o tema desde o começo, passando por sua origem e explicar o contexto atual, para que deste ponto sejam mostrados os equipamentos, sua importância, sua relevância e seu uso para a topografia moderna, explicando as limitações e facilidades, de acordo com a teoria.

2.1 Topografia

"Etimologicamente a palavra TOPOS, em grego, significa lugar e GRAPHEN descrição, assim, de uma forma bastante simples, Topografia significa descrição do lugar." (VEIGA; ZANETTI, FAGGION, 2012). Para a representação ou descrição de um lugar, precisamos de parâmetros e ferramentas para mostrá-la em um meio menor, devidamente na escala. Dessa forma, faz-se o levantamento topográfico de áreas para representá-las em plantas em tamanhos menores que na realidade, mas que proporcionam uma imagem descritiva do local, como mostrado na Figura 1.

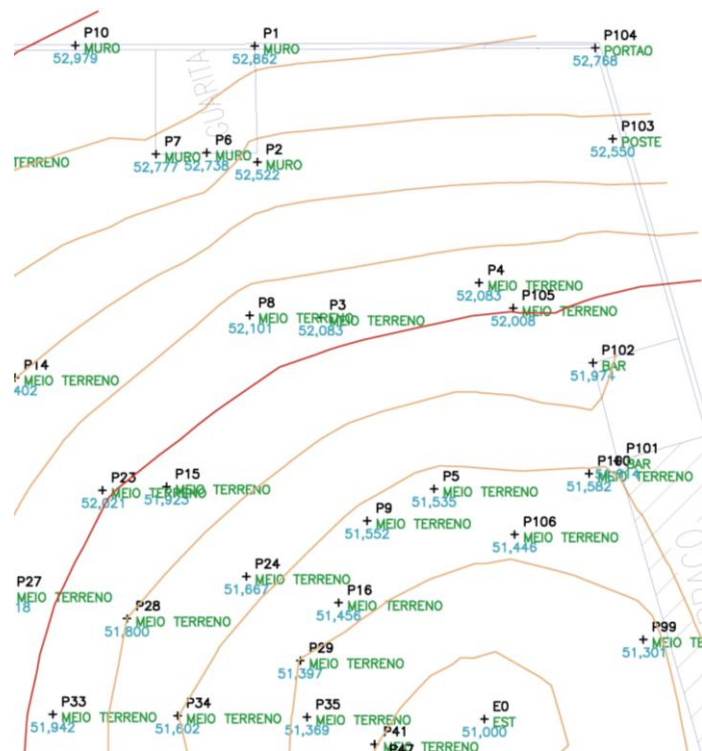


Figura 1 - Exemplo de levantamento planialtimétrico em igreja no Alto do Mateus, João Pessoa, Paraíba, feito com Estação Total da marca RUIDE®. Fonte: Acervo do autor.

A topografia serve para a descrição minuciosa e exata de um lugar, com a finalidade de “determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre” (Brandalize apud DOMINGUES, 1979), desconsiderando a curva da superfície esférica da Terra. Considerando essas condições, pode-se afirmar que a topografia trata de representar uma projeção ortogonal da superfície terrestre para os devidos fins, compreendendo os seus limites e particularidades naturais, desde que não se preocupe com a curvatura terrestre deformando essa representação.

É importante considerar que por usar os mesmos equipamentos e se valer das mesmas técnicas, há uma diferença vital entre a topografia e a geodésia. Enquanto a geodésia se preocupa com a escala macro de representação, determinando a forma, dimensão e campo de gravidade da Terra para grandes áreas (IBGE), a topografia se limita de acordo com o cálculo do erro de esfericidade pela forma aproximada da Terra a uma elipse. Para vários valores de ângulos, utilizando o raio aproximado de 6.371km, encontrou que para um arco próximo de 10 km (partindo do centro da terra até a superfície que se quer verificar), o erro fica na ordem dos milionésimos de metro, como demonstrado na Figura 2. (PASTANA, 2010).

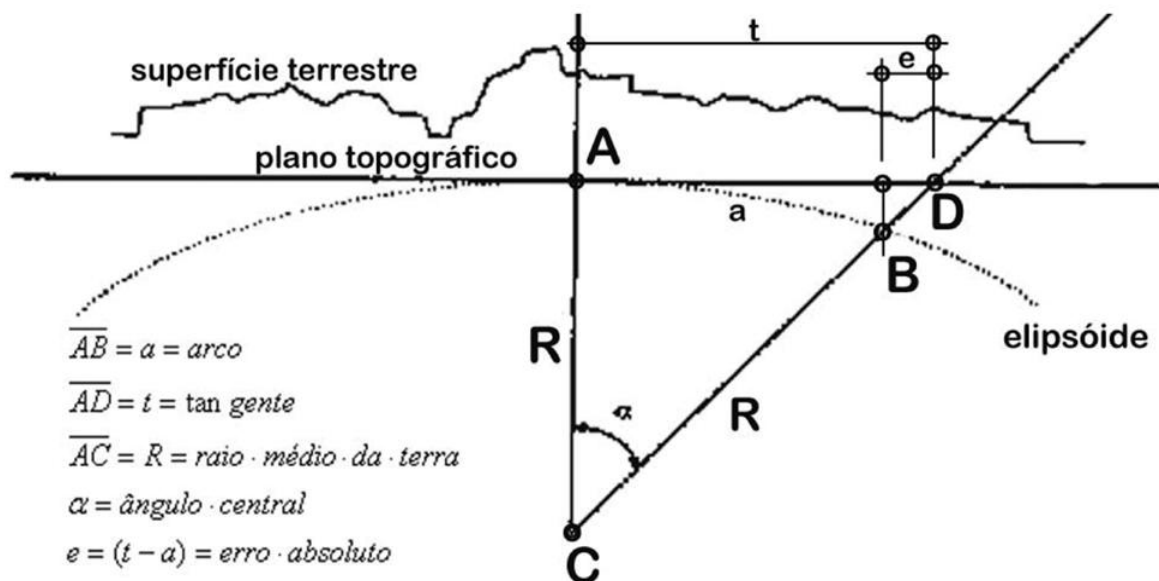


Figura 2 - Exemplo de curvatura da terra e do plano topográfico. Fonte: Pastana (2010)

Para a execução prática do serviço, é considerado um limite “da ordem de 25 a 30 km. Acima desses limites não se recomenda o emprego de métodos topográficos.” (PASTANA, 2010). A norma brasileira NBR 13133, que engloba o levantamento topográfico, considera a projeção do plano até o máximo de 80 km. (ABNT, 1994).

Ou seja, para a topografia, a Terra é tratada como um plano, trabalhando com as regras de trigonometria igualmente a um plano matemático, enquanto a geodésia determina a Terra como um geoide, visualizando o planeta com todas suas particularidades e aplicações, sendo geralmente aplicada numa escala maior. Pode-se dizer também que a topografia é uma parte da geodésia, pelos termos de escala e escopo.

2.2 Levantamento Topográfico

O levantamento topográfico se define como a operação de aplicação da ação topográfica no campo. Para representação da Terra, como mostrado anteriormente, pela topografia, a Terra é tratada como um plano, o que deixa aplicar as regras da geometria para os cálculos.

Segundo Goeking (2011), o levantamento topográfico tem o objetivo de gerar uma planta da superfície terrestre para se utilizar como base de aplicação de uma obra. Em outros termos, o levantamento topográfico se define como o produto da topografia. Consiste em todas as operações, equipamentos e procedimentos necessários para se efetuar uma representação precisa o suficiente da superfície do local, apresentado na Figura 3.



Figura 3 - Exemplo de uso de Teodolito Estação Total. Fonte: Goeking (2011)

Por se tratar de uma representação projetada, o produto do levantamento pode ser exibido de duas maneiras diferentes: através da planimetria, ou através da altimetria.

De acordo com Pastana (2010), na “planimetria, as medidas, tanto lineares como angulares, são efetuadas em planos horizontais, obtendo-se ângulos e distâncias horizontais,

não se levando em consideração o relevo”. A planimetria representa coordenadas de pontos de interesse sobre um plano bidimensional (X e Y), como exemplificado pela Figura 4.

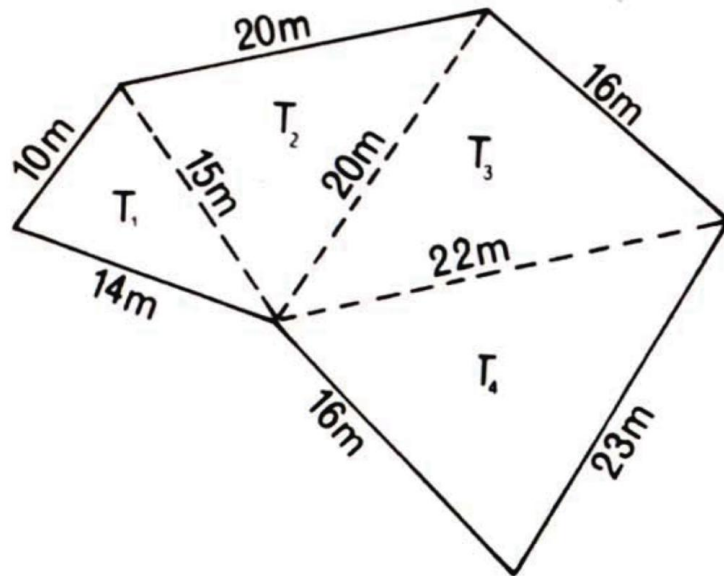


Figura 4 - Demonstrativo de levantamento planimétrico por triangulação. Fonte: Pastana (2010)

Já para a altimetria, além da determinação desses pontos de interesse, determina-se a cota do ponto (coordenada Z), fazendo a visualização em três dimensões, obtendo a volumetria do terreno. (VEIGA; ZANETTI; FAGGION; 2012). Com a realização simultânea desses pontos (planimétrico e altimétrico), se dá o levantamento planialtimétrico, o produto principal da topografia. A execução apenas da altimetria dá o produto de perfil do terreno. Um exemplo se encontra na Figura 5, a seguir.

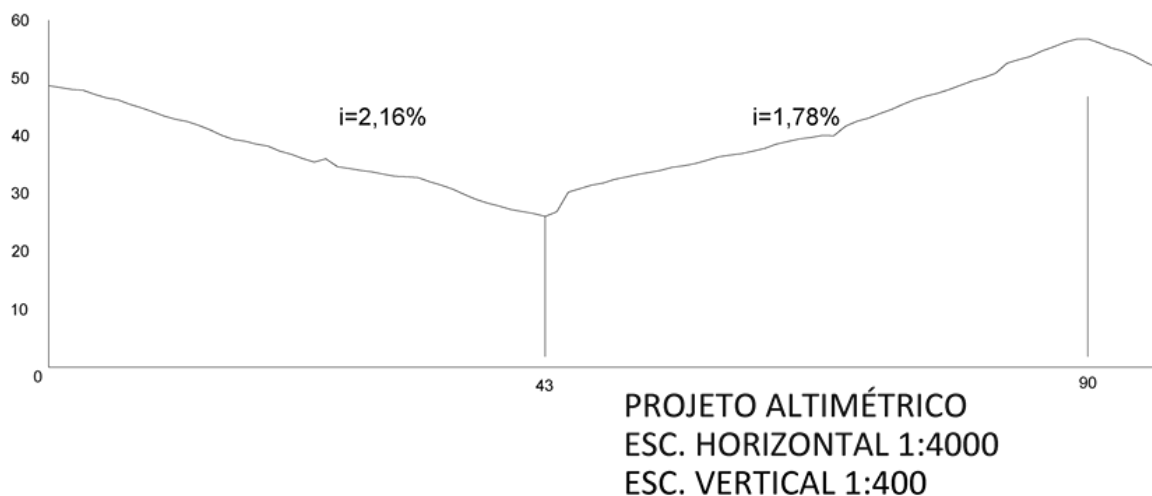


Figura 5 – Trecho de levantamento altimétrico de um projeto de estradas. Fonte: Acervo do autor

2.3 Sensoriamento Remoto

Para obtenção de informações para a topografia, se utilizam vários métodos e equipamentos, seja de maneira direta ou indireta. Os equipamentos de maneira direta se caracterizam por obter a medida de distância ou de ângulo diretamente, ou seja, sem que haja necessidade de cálculos matemáticos. Ela é obtida, geralmente, através “da comparação com uma grandeza padrão, previamente estabelecida.” (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). A trena, um instrumento bastante comum de medida direta, se encontra na Figura 6.



Figura 6 – Exemplo de equipamento de medida direta, a trena. Fonte: Acervo do autor

Quando essa aquisição é indireta, ela se relaciona através de modelos matemáticos, comparando com outros tipos de grandeza. Brandalize (2008) define que ainda há as medidas eletrônicas, quando são definidas através de “instrumento que utilizam o comprimento de onda do espectro eletromagnético ou através de dados emitidos por satélites.”

É mais comum se utilizar os métodos diretos quando as distâncias e ângulos são pequenos, não passando do comprimento das trenas utilizadas, com algumas exceções (no caso de vários lances, por exemplo). Para medições de distâncias mais elevadas (mas ainda dentro do escopo da topografia), utilizam-se as indiretas.

O sensoriamento remoto se caracteriza nessa obtenção por meio eletrônico, utilizando equipamentos sem contato direto com o operador. Nesse aspecto, entram as áreas da topografia chamadas de aerofotogrametria e posicionamento por satélite. Na Figura 7, temos exemplos de aparelhos capazes de captar e interpretar esse sinal, os aparelhos GPS.



Figura 7 – Equipamentos GPS de navegação. Fonte: VETTORAZI (2016)

Por fotogrametria, segundo American Society of Photogrammetry (1966), “é a arte, ciência e tecnologia de obter informações de confiança sobre objetos e do meio ambiente com o uso de processos de registro, medições e interpretações das imagens fotográficas.” Assim, a fotogrametria consiste em efetuar um levantamento topográfico através de fotos aéreas que representam o terreno de forma confiável. Esquematisado na Figura 8 temos os ângulos mais comuns para esse tipo de trabalho.

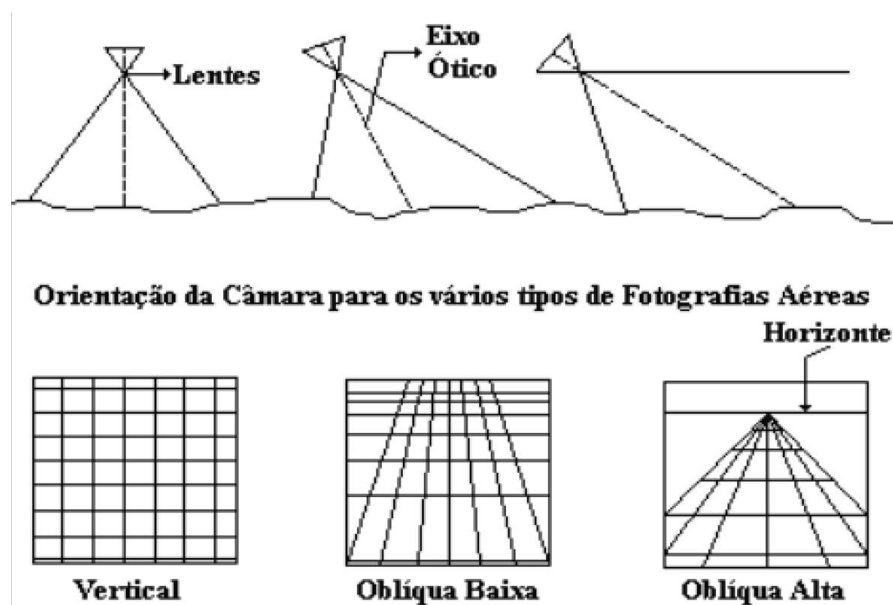


Figura 8 – Ângulos mais comuns para fotogrametria. Fonte: Brandalize (2008)

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) é um método que utiliza satélites posicionados na atmosfera terrestre com o intuito de marcar a posição espacial de um ponto em tempo real, determinadas em UTM (Norte e Leste) ou de forma geográfica (Ângulo e Raio), além da altitude (BRANDALIZE, 2008).

Esses satélites trabalham com faixas de deslocamento, com trajeto definido e controlado por bases de controle a depender do sistema. Por exemplo, inserido no GNSS, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), de origem norte-americana, é controlado exclusivamente pelo Departamento de Defesa (DoD), uma organização militar do governo. (BRANDALIZE, 2008). Iniciou-se a partir de pretextos militares, mas logo se abriu para uso civil, apresentando mais uma técnica para localização, reconhecimento de lugares e o levantamento topográfico. A rede GPS se encontra na Figura 9 como demonstrativa, pois os satélites estão em constante movimento.

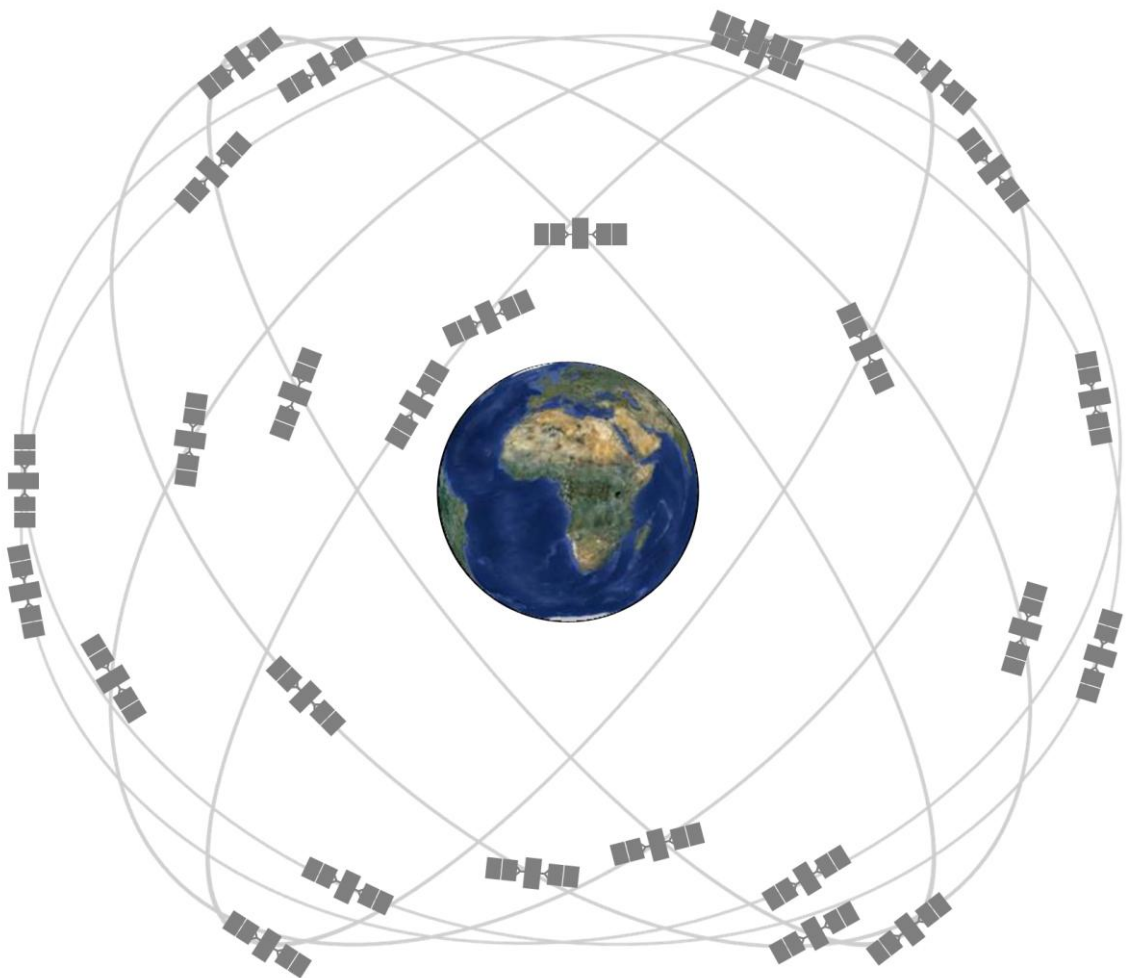


Figura 9 – Disposição dos satélites do sistema GPS. Fonte: VETTORAZI (2016)

Outros sistemas que compõe o GNSS, além do GPS, incluem o Sistema de Navegação Global por Satélite (GLONASS), de origem russa, o GALILEO, administrado exclusivamente pela União Européia (EU) para uso civil. (VETTORAZI, 2016). Fora os de outros países como Japão, Índia e China que possuem um sistema regional de detecção exclusiva desses países.

2.4 Contexto histórico

De acordo com as necessidades, a procura por métodos mais rápidos e eficientes foi sempre aumentando, acompanhando o desenvolvimento da humanidade e a busca do conhecimento. Ao longo dos anos, verificou-se um aumento notável do uso de produtos de cunho tecnológico, melhorando e substituindo as ações mais simples, como conversar com alguém ou navegar na internet. Com o advento da internet de banda larga e internet móvel, houve um aumento na demanda por sistemas que suportassem tal tecnologia, culminando na miniaturização não só de aparelhos celulares, mas de qualquer dispositivo eletrônico que utilizasse a rede mundial de computadores. Alguns desses equipamentos tiveram seu caminho voltado para a topografia, procurando acelerar a aquisição e processamento desses dados de campo, e um dos mais modernos métodos consiste na utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), como mostra na Figura 10.



Figura 10 – Drone do tipo quadricóptero. Fonte: COLOMINA; MOLINA (2014)

O VANT, também conhecido comumente como "drone", é um equipamento de pequeno porte, cujo controle é feito remotamente, que pode ou não ser acoplado a uma

câmera de voo ou fotográfica. Podem também ser equipados com um sistema de localização por sinais de rádio, sinais de rede de internet ou por localização de satélite.

Os Sistemas Aéreos de Voo Não-Tripulado (UAS) foram criados e melhorados sempre no contexto militar, tendo sua primeira utilização prática no ano de 1933, quando a Marinha Real Britânica usou o drone Queen Bee para prática de armamentos. Mesmo com esse foco, por volta dos anos 80 e 90, encontrou-se uma oportunidade para levantamento com esses equipamentos, pois sensores de mapeamento e navegação eram integrados nas plataformas controladas por rádio, em baixa altitude e alta resolução de imagem. (COLOMINA; MOLINA, 2014).

A ideia, segundo Colomina e Molina apud Petrie (2013), não encontrou muitos entusiastas no meio acadêmico, pela falta de publicações e conferências. Mas a pesquisa não parou por aí, encontrando cada vez mais entusiastas quando foi divulgado no mercado suas potencialidades de fotos aéreas acessíveis à civis, para entretenimento. Assim, o termo que não era tão procurado em meados dos anos 2000 foi obtendo um crescimento vertiginoso em pouco tempo, com sua procura nos meios de busca eletrônicos aumentando pelo menos três vezes de 2005 para 2014.

As pesquisas também aumentaram na área, com congressos internacionais como Sociedade Internacional para Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ISPRS) em 2004 sendo pioneiro na divulgação. Iniciou-se com três trabalhos sobre o assunto, sua importância aumentando em cada ano, até que em 2012, em Melbourne, cerca de 50 dissertações foram apresentadas sobre o tema, ocorrendo nove sessões de discussão exclusivas para aeronaves não tripuladas (COLOMINA, MOLINA, 2014).

Com as pesquisas avançando também vieram as regulamentações para especificamente definir os padrões de uso e proporcionar segurança tanto para os usuários como para os transeuntes, pois se trata de um objeto sem tripulação que, mal manuseado, pode provocar acidentes.

Pensando nisso, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) lançou uma instrução suplementar no ano de 2012, quando no cenário internacional estava em alta, que definia o que era VANT e instruções de uso do espaço aéreo. Posteriormente, no ano de 2017, o Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA) republicou a instrução, tornando-a lei, de nome ICA 100-40 (BRASIL, 2017).

A lei descreve que deve regulamentar o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro, definindo o que é Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS), os tipos de locais de voo permitidos de acordo com a classe da aeronave, a necessidade de uma licença de pilotagem de acordo com a permissão e os métodos de fiscalização, excluindo as aeronaves de propósito recreativo. Ela define que cada aeronave desse tipo deve ser registrada devidamente na ANAC, tendo em sua fuselagem a marca de matrícula e nacionalidade. Determina também as obrigações do operador de RPAS, sendo ele o responsável pela condução segura do equipamento e o órgão responsável por emitir o certificado de pilotagem. A lei obriga também ao equipamento possuir enlace de comando e controle, não permitindo aeronaves autônomas. E por não ser tripulada, a aeronave não possui prioridade de passagem do espaço caso esteja na mesma rota de uma tripulada. Sua condução segue as regras de voo visual, mesmo que possua câmeras de acompanhamento de trajeto. E quando aplicável, designar e preencher o Plano de Voo. (BRASIL, 2017)

A lei também fala das alturas e faixas de voo que elas podem percorrer, dependendo do peso e tipo de operação. O que mostra que seu uso depende das leis aplicáveis de cada país, para que assim se garanta o padrão técnico e a segurança. Um quadro resumo se encontra na Tabela 1, logo abaixo.

Regras específicas	<i>Altura até 30m</i>	<i>Altura entre 30 a 120m</i>	<i>Altura independente</i>
<i>Peso</i>	Até 25kg	Até 25kg	Acima de 25kg
<i>Operação</i>	Linha de visada visual	Linha de visada visual	De acordo com a NOTAM
<i>Velocidade</i>	=> ~60km/h	=> ~120km/h	De acordo com a NOTAM
<i>Afastamento mínimo</i>	30m de edificações	30m de edificações	De acordo com a NOTAM

Tabela 1 – Descrição resumida das condições de uso de RPAS. Fonte: BRASIL (2017)

RPAS de até 25kg para uso profissional necessitam de uma licença para pilotagem, e requerem que se tenha visada direta com o equipamento. A lei não permite que o equipamento seja controlado apenas via sensores de posição, necessitando de uma linha de visão do operador. Caso a aeronave passe dos requisitos que o DECEA demarque, o operador deve enviar uma nota que divulga antecipadamente as informações do trajeto a percorrer.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição geral

Utilizaram-se os equipamentos *in loco*, para que a pesquisa funcione como um experimento de viabilidade do ponto de vista técnico e de exigência profissional, além de fazer uma análise comparativa da qualidade do trabalho obtido. Assim, os materiais utilizados de meio eletrônico serviram para ver as características de cada um, revisadas em consonância com a prática.

Realizou-se um levantamento topográfico utilizando os equipamentos mencionados numa área delimitada escolhida no Campus I da Universidade Federal da Paraíba, para que, seguindo as mesmas limitações e condições de trabalho, possa se ter um comparativo de mesma ordem de serviço, obtendo um comparativo técnico.

3.2 Equipamentos utilizados

3.3 GNSS

Foi utilizado um equipamento de posicionamento global por satélite disponível no Laboratório de Topografia (LABTOP) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como mostrado na Figura 11.



Figura 11 – Foto da maleta do GNSS da marca EPOCH 35®. Fonte: Acervo do autor

O equipamento da marca EPOCH 35® em questão possui duas antenas de captação do sinal, através das frequências L1 e L2, específicos para uso civil. Por fazer uso de mais de um sistema de localização, ele utiliza os satélites do GPS e GLONASS, sendo recomendado para execução do serviço pelo menos 8 satélites. O equipamento também é dotado de uma tecnologia que permite que as correções da antena Rover sejam feitas ao mesmo tempo da antena Base, agilizando o processo de levantamento e processamento dos dados, chamado de Cinética em Tempo Real (RTK). As antenas estão na Figura 12, com detalhe de sua transmissão.



Figura 12 – Foto da antena de Base (esquerda) e Rover (direita). Detalhe marcado da antena. Fonte: Acervo do autor

A aquisição dos dados no modo autônomo fica através de um cartão de memória, que fica na lateral do equipamento, onde são salvas as iterações de captura, para depois serem transferidos para um computador e lá executar o pós-processamento no programa. Ou caso se utilize a tecnologia RTK, o armazenamento dos pontos fica através de um equipamento coletor, da marca NOMAD®, como mostrado na Figura 13 a seguir.



Figura 13 – Foto do aparelho coletor NOMAD®. Fonte: Acervo do autor

3.4 Estação Total

O aparelho definido se encontra no LABTOP, no Campus I da UFPB, do tipo teodolito eletrônico com distanciômetro a laser, com memória e processador internos para o cálculo da distância inclinada, mostrado na Figura 14.



Figura 14 – Demonstrativo da Estação Total utilizada da marca KOLIDA®. Fonte: Acervo do autor

A Estação Total da marca KOLIDA® é um equipamento bastante utilizado na topografia para executar levantamentos que se exijam agilidade na aquisição de dados que o teodolito comum não consegue comparar. Portado de um laser óptico para leituras num prisma, que é um equipamento que reflete a luz de volta pelo mesmo caminho de entrada, como mostrado na figura 15, assim que se visa e aciona o laser, em poucos segundos há a obtenção do ponto com todas suas informações de distância, inclinação e ângulos horizontal e vertical para a construção do plano de irradiação.



Figura 15 – Foto do prisma da Estação Total. Fonte: Acervo do autor

Por possuir um computador interno, podem-se inserir informações adicionais para se descarregar os pontos no programa específico e assim adquirir o mapa levantado com uma série de referências. Um exemplo de informe extra é da leitura de um ponto georeferenciado. Esse ponto é utilizado na visada ré, que através dos cálculos internos, deixa todos os pontos levantados a partir dele também georeferenciados.

3.5 VANT

Pela limitação de capital e recursos, não foi possível utilizar o aparelho de VANT adequado para o teste comparativo, se utilizando de valores técnicos de outros trabalhos acadêmicos para verificar as potencialidades, mas não se incluíram nos resultados.

3.6 Área de experimento

A área escolhida se localiza na UFPB, no Campus I, no Centro de Tecnologia (CT), entre três passarelas cobertas de altura de 2,5m e três edificações que compõe três das faces principais, o Centro de Tecnologia Bloco R, o CTR, o bloco das coordenações e o bloco de multimídia, representados nas Figuras 16 e 17, mostradas a seguir. Sua escolha se deu pelo fácil acesso e evitar transportes excessivos com equipamentos para outras partes, pela proximidade com o laboratório.



LEGENDA



Centro de Tecnologia do Campus I da UFPB



Área de controle

Figura 16 – Área de experimento, vista em planta aérea. Fonte: Adaptado de GOOGLE MAPS (2017)

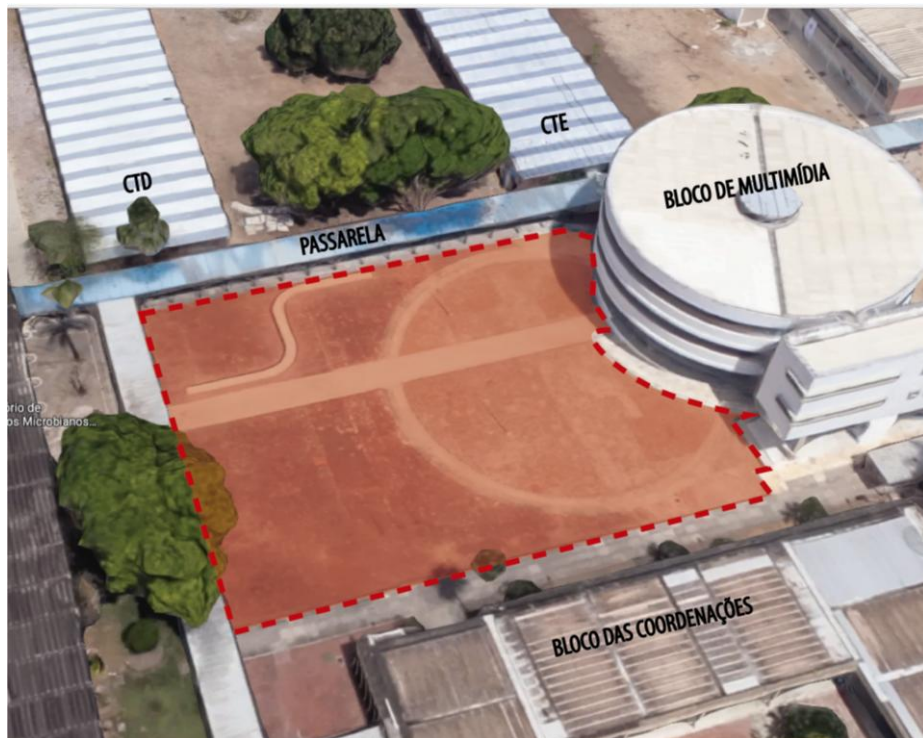


Figura 17 – Vista em perspectiva da área delimitada. Fonte: Adaptado de GOOGLE MAPS (2017)

3.7 Procedimento experimental

O procedimento consistiu na locação do equipamento, de acordo com suas características, na área escolhida, para efetuar o levantamento topográfico. Mesmo esses aparelhos possuindo sensores que permitem determinar a altimetria, não foram considerados, preocupando-se apenas com a forma planimétrica do terreno. Em detalhe, na Figura 18 se vê a antena GNSS e na Figura 19 se encontra a Estação Total.



Figura 18 – Foto do GNSS locado e em execução. Fonte: Acervo do autor.



Figura 19 – Foto da Estação Total pronta para iniciar o levantamento. Fonte: Acervo do autor

No decorrer do levantamento foram marcados os tempos de execução de cada etapa e o tempo total do trabalho, para que assim houvesse um parâmetro para comparar os dois. Depois, com os dados de cada equipamento, verificaram-se os mapas produzidos, vendo a quantidade de pontos e precisão, analisando o que houve de diferença.

4 RESULTADOS

4.1 Levantamento com Estação Total

O trabalho teve início com o levantamento por Estação Total, verificando o tempo de levantamento total, quantidade de pontos e assim tirando a média de tempo por ponto. Determinou que se fosse levantar cada vértice da área e pegar um ponto interno conhecido e determinado previamente, para executar o referenciamento geográfico.

As dificuldades encontradas foram na escolha dos mesmos vértices, pois o prisma não encaixava no ponto devido aos pilares que compõe o contorno, exigindo uma aproximação por detalhamento de proximidade. Assim, o levantamento teve um total de 17 pontos, distribuídos pelos vértices do terreno. Pelo tempo de aquisição rápido dos pontos através do prisma, foi possível obter bom detalhamento planimétrico. Por ser uma área construída, as variações de cota se deram pelos erros comuns a esse tipo de levantamento, ficando na ordem de dois centímetros. O desenho do levantamento está na Figura 20.

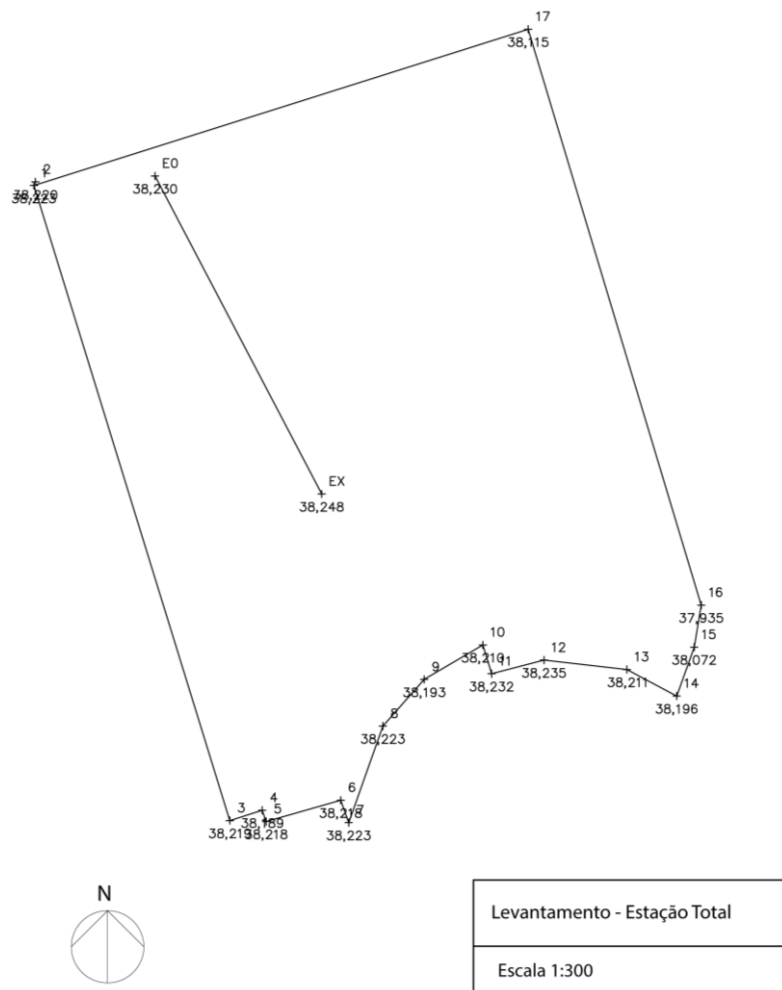


Figura 20 – Mapa do levantamento com estação total. Fonte: Acervo do autor

4.2 Levantamento com GNSS

Para o levantamento com o uso do GNSS, determinou-se o tempo de levantamento de cada ponto e obteve-se o tempo de levantamento total, tendo máscara de elevação de 10°, segundo recomendação do IBGE, e segundo recomendação do manual do equipamento, fazendo a leitura com oito satélites ou mais. A máscara de elevação é a elevação a partir da linha do horizonte (marcado pela linha da antena do equipamento) em direção ao zênite, onde todos os satélites encontrados abaixo dessa elevação são ignorados na marcação de posição. Essa exigência é dada pela imprecisão que satélites muito horizontalizados provocam na captação, distanciando o ponto da realidade.

Colocou-se o equipamento no ponto interno ao terreno, e depois de feito o nivelamento e calagem se iniciou a captura. Ativando o sistema interno, prosseguiu-se ativando as condições de captura: os pontos foram capturados por 20 minutos, com 10 segundos de intervalo para cada instância, a máscara de elevação de 10° e ser posteriormente pós-processado.

A maior dificuldade encontrada foi de não conseguir utilizar o sistema de Cinética em Tempo Real (RTK), por falta de bateria adequada no sistema de rádio, que transfere e transmite as correções da Base ao mesmo tempo para o Rover. Escolhendo cinco pontos primários, o levantamento prosseguiu utilizando pontos internos ao invés dos vértices pela alta densidade de construções em elevação nas proximidades.

Para manter a característica do terreno escolhido, se fez uma complementação com trena, executando triangulação por pontos fixos e amarração por detalhes construtivos, adicionando mais 15 pontos. Ocorreram problemas para exportação dos dados, em vista que o programa necessário não funcionava em sistemas mais novos, mas seguiu-se com a interpretação pela metodologia de trabalho.

4.3 Comparação e Discussão

Para comparação de precisão da leitura, utilizou-se um ponto materializado e cadastrado no IBGE. Esse ponto foi previamente levantado com o GNSS utilizando as recomendações da empresa, que exige correção com bases de monitoramento contínuo depois de passar no mínimo 6 horas capturando pontos a cada 10 segundos, com a mesma máscara de elevação de 10°. Os dados de comparação se localizam na tabela a seguir para resumo:

Equipamento	Tempo total de levantamento	Quant. de Pontos	Tempo médio por ponto
GNSS estático	121 minutos	5	24,2 minutos
Estação Total	81 minutos	17	4,76 minutos

Tabela 2 – Tabela com tempos e pontos. Fonte: Levantamentos de campo.

De imediato, verifica-se que o levantamento com a Estação Total é o que possui a maior agilidade em aquisição dos pontos, sendo possível fazer a leitura do prisma em poucos segundos, com o trabalho não útil sendo o de transporte do operador de prisma de um ponto a outro, o resultado no Anexo I. De modo estático, o GNSS exige um tempo de captação dos dados e quantidade mínima de satélites, além de visão desobstruída para efetuar o levantamento. Em compensação, com todos os cálculos da medida indireta e o ponto tratado como Fixo, ele possui uma raio de erro da ordem de 10 milímetros em relação à marca exata, que permite uma localização precisa dos elementos levantados.

Percebe-se que essas técnicas analisadas possuem características bem marcantes que determinam seu escopo, o que mostra que eles são equipamentos que se complementam. Por possuírem tecnologia avançada, a aquisição é bem veloz, com o computador interno processando os cálculos mais complicados e assim permitindo uma visualização preliminar de como está se formando o levantamento e permitindo correções em meio ao trabalho. Para uma área maior se tornaria inviável utilizar métodos mais simples, como trenas e teodolito comum, pois demandaria muito mais visadas e capturas para varrer a área.

Para áreas em geral, a Estação Total é uma ferramenta poderosa, obtendo os pontos com relativa agilidade e detalhamento. Em ressalva, deve ficar atento a possíveis interferências no caminho, pois ele depende de um feixe de luz focalizada para obter a distância. Pela iluminação do local, pode haver interferência pela incidência dos raios solares e reflexão em superfícies vizinhas, o que pode atrapalhar na aferição a laser. A inserção de informações erradas no computador de bordo e mau posicionamento do prisma também são fatores a considerar. Com o GNSS, sua eficiência é mais notada em áreas maiores e descobertas, sendo um método que usa o georeferenciamento, possibilitando utilizar esses mesmos pontos como base para outras técnicas, além do possível cadastro numa base de dados nacional e internacional para referências futuras. Devem-se notar obstruções na captação, como nuvens muito densas, copas de árvores ou edificações próximas, além da

disposição dos satélites que não pode estar muito concentrada numa área, pois pode ocorrer disparidades na assimilação da posição, e esses reflexos se tornam evidentes no pós-processamento dos dados. O levantamento da forma RTK é uma boa alternativa, pois permite as correções de imediato, o que melhora a eficácia.

Logo, a estação leva vantagem em áreas pouco regulares, com muitos vértices, mas exige um controle maior na operação do prisma e do leitor, pois diminui erros humanos. Em terrenos abertos e desimpedidos, o GNSS se sobressai pela precisão e georeferenciamento, apesar do tempo de aquisição ser significativamente maior.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que os métodos mais modernos da topografia para assimilação e registro de um terreno têm melhorado, atingindo patamares ainda não vistos. É fato que ainda há problemas para se utilizar uma localização por satélite próximo de interferências, e que os sistemas, por terem sido concebidos para militares, são passíveis de intervenção por parte dos órgãos reguladores. Mas o que se vê é que esses métodos possuem vantagens tais como agilidade em trabalhos que antes exigiam cálculos e estudos elaborados para conseguir o mesmo resultado.

A Estação Total vem de uma linha de evolução dos métodos indiretos, que foi iniciado com os teodolitos e níveis. É capaz de executar levantamentos de maneira rápida e eficiente, precisando apenas de uma baliza especial, que afere o ponto em poucos segundos e armazena as informações em sua memória interna, onde é capaz de descarregar os dados num programa específico e já ter o desenho pronto. Ele ainda passa pelas mesmas restrições que os levantamentos com o teodolito passam, com necessidade de se conhecer a altura do instrumento, a altura do prisma, a visada ré para o plano de referência e a obrigatoriedade de um operador de baliza para selecionar os pontos previamente definidos no planejamento.

Esses métodos são bem solidificados e vêm se modernizando com os anos. Por mais que tenham o mesmo objetivo, a obtenção de dados é bem distinta. Mesmo assim, eles se completam pelas respectivas limitações. O GNSS não permite obstruções no céu, mas que pode ser contornado ao amarrar esse ponto num marco definido do terreno através da marcação por uma Estação Total. Da mesma forma, a Estação Total pode executar o levantamento de uma grande área, mas não se tem informações da posição em relação ao globo, o que modificaria para um estudo climatológico, por exemplo. Logo, a materialização de um ponto por GNSS, seja do levantamento, seja um novo, permite que se dê o referencial geográfico necessário para marcar a posição do norte verdadeiro e localizá-lo em relação ao mundo.

O objetivo de comparar os equipamentos foi atingido, apesar de ter problemas com os pontos do GNSS. Viu-se que o GNSS tem grandes potencialidades, mas que deve se considerar a exclusividade dos equipamentos com seus respectivos programas. A Estação Total, por ser mais “antiga” no mercado, possui mais compatibilizações, mas possui alguns dos problemas de seu antecessor, o que exige um cuidado maior dos operadores.

Em paralelo, temos o levantamento por VANT, que é uma tecnologia recente, tendo sua relevância aumentada próximo ao ano de 2004, quando se viu a potencialidade para uso civil. Foi visto ainda que o drone ainda tem limitações para a topografia tradicional, visto que dispõe de alta sobreposição de imagens para um levantamento fotogramétrico satisfatório, pois sua instabilidade no ar acaba prejudicando a verticalidade das fotos, além da necessidade de orientação do operador ou de localização para o levantamento.

Apesar disso, o VANT, por ser um equipamento menor e demandar menos tempo para execução e aquisição das informações, acaba sendo uma vantagem para levantamentos de risco imediato, que exige tomada de decisão rápida, e que uma equipe em campo seria perigoso. (EVERAERTS, 2008, p. 4). Combinado com a facilidade de uso, o VANT acaba sendo uma ferramenta muito flexível, complementando os métodos já conhecidos.

Vemos que o mundo está abraçando a ideia do VANT, e o Brasil já começou a ver suas vantagens, garantindo a segurança e uso responsável, tomando a iniciativa de publicar uma lei para definir o que são e quais suas restrições de uso, para assegurar seus usos e lugar no Espaço Aéreo Brasileiro. A tendência é de se modernizar ainda mais todas essas técnicas, para que seja capaz de otimizar e melhorar mais a técnica e ciência que é a engenharia.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **IS 21-002A**. Instrução Suplementar: Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados. Recife. out 2012. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2012/IS%2021-002A.pdf>>. Acesso em 17 nov 2015.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (ASP). **Manual of Photogrammetry**, 1966, 1220p. Disponível em: <<https://www.asprs.org/>>. Acesso em 1 jun 2017.
- BRANDALIZE, Maria Cecília B. **Apostila de Topografia para Engenharia Civil e Arquitetura**. Paraná. PUC-PR. 2008. Disponível em: http://www.georeferencial.com.br/old/material_didatico/TOPOGRAFIA_brandalize.pdf. Acesso em 17 mar 2017.
- COLOMINA, I; MOLINA, P. **Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. n. 92. 16 fev 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000501/pdfft?md5=cb6c0c7a268d1148d24d1ccf75427b29&pid=1-s2.0-S0924271614000501-main.pdf>>. Acesso em 22 abr 2015.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (Brasil). **ICA 100-40**. Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro. Rio de Janeiro. 2 fev 2017. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4510>>. Acesso em 5 abr 2017
- EVERAERTS, J. **The use of unmanned aerial vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping**. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. v. 37. 2008. Disponível em: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/203.pdf>. Acesso em 21 abr 2015.
- GOEKING, Weruska. **Levantamento topográfico**. jun 2011. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/120/artigo299110-1.aspx>>. Acesso em 18 abr 2017.
- GOOGLE MAPS. **Representação em planta da área**. 2017. Disponível em : <<https://www.google.com.br/maps/@-7.1437979,-34.850275,76m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em 20 mai 2017

GPS.GOV (Estados Unidos da América). **GPS Constellation**. Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS). mai 2017. Disponível em: <<http://www.gps.gov/multimedia/images/constellation.jpg>>. Acesso em 23 mai 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Geodésia: Introdução**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>>. Acesso em 5 abr 2017.

KAHMEN, H.; FAIG, W. S. **Surveying**. Berlim. 1988. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=7nMiAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=kahmen,+faig,+1988&ots=QCISxatr-8&sig=OjHJPFxD9uz0qbAGuErH2ZjX0nI#v=onepage&q=kahmen%2C%20faig%2C%201988&f=false>>. Acesso em 1 jun 2017.

NETO, Manoel Silva. **Como realizar topografia com vant?**. fev 2014. Disponível em: <http://www.agrimensordofuturo.com/post.cfm?post=Como%20realizar%20topografia%20com%20VANT%3F&id=50#continue_lendo>. Acesso em 14 nov 2015.

PASTANA, Carlos Eduardo Troccoli. **TOPOGRAFIA I E II: Anotações de aula**. São Paulo. UNIMAR. 2010. Disponível em: <<http://civilnet.com.br/Files/topo2/TOPOGRAFIA-APOSTILA-2010-1.pdf>>. Acesso em 17 mar 2017.

SCUSSEL, Alexandre. **Topografia de baixo custo com Drones**. 2 mai 2016. Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2016/05/02/artigo-topografia-de-baixo-custo-com-drones/>>. Acesso em 17 mar 2017.

TEMBA, Plínio. **Fundamentos da Fotogrametria**. Minas Gerais. UFMG. 2000. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/leb450/Angulo/fotogrametria.pdf>>. Acesso em 14 nov 2015.

VEIGA, Luís A. K.; ZANETTI, Maria A. Z.; FAGGION, Pedro L. **Fundamentos de Topografia**. Paraná. UFPR. 2012. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em 14 nov 2015.

VETTORAZI, Carlos A. **GNSS – Global Navigation Satellite System**. jun 2016. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/leb450/Vettorazzi/LEB450_GNSS_2016.pdf>. Acesso em 29 abr 2017

ANEXOS I

