



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANÁLISE COMPARATIVA DE PRECISÃO E EFICIÊNCIA NO LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO REALIZADO POR TEODOLITO E ESTAÇÃO TOTAL

EMANOEL FERREIRA CARDOSO

Pombal-PB
Dezembro/2020

EMANOEL FERREIRA CARDOSO

ANÁLISE COMPARATIVA DE PRECISÃO E EFICIÊNCIA NO LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO REALIZADO POR TEODOLITO E ESTAÇÃO TOTAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande, Centro
de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do
título Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rodrigo Mendes Patrício Chagas

Pombal-PB
Dezembro/2020

C433a Cardoso, Emanuel Ferreira.

Análise comparativa de precisão e eficiência no levantamento topográfico realizado por teodolito e estação total / Emanuel Ferreira Cardoso. – Pombal, 2021.

69 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Prof. Me. Rodrigo Mendes Patrício Chagas”.

Referências.

1. Topografia. 2. Teodolito. 3. Estação total. 4. Levantamento topográfico. I. Chagas, Rodrigo Mendes Patrício. II. Título.

CDU 528.4(043)

EMANOEL FERREIRA CARDOSO

ANÁLISE COMPARATIVA DE PRECISÃO E EFICIÊNCIA NO LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO REALIZADO POR TEODOLITO E ESTAÇÃO TOTAL

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovada em: 08/12/2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Rodrigo Mendes Patrício Chagas
Orientador
UACTA/UFCG – Campus Pombal



Prof. Dr. Milton Bezerra das Chagas Filho
Examinador Externo
UAEC/ UFCG – Campus Campina Grande



Prof. Me. Valter Ferreira de Sousa Neto
Examinador Interno
UACTA/UFCG

Dedico este trabalho a Deus por ter sido meu rochedo durante toda essa trajetória, à minha mãe por todo auxílio e paciência, Maria de Fátima, a quem devo a vida e ao meu orientador Rodrigo Mendes, por todo companheirismo, paciência e compromisso.

AGRADECIMENTOS

A obtenção deste título não seria alcançada, senão pela ajuda de pessoas durante esses anos de dedicação. A cada um deles apresento minha dívida de gratidão por tamanha ajuda. Agradeço, portanto:

A Deus, por ter sido o meu sustento e não me deixar fracassar ou desistir nos momentos mais difíceis. Por me permitir ser guiado pelas suas mãos divinas, conduzindo-me pelo caminho do bem e da sabedoria. “Eu lhe ensinarei o caminho por onde você deve ir; eu vou guiá-lo e orientá-lo”. Tributarei todas as minhas conquistas a ti, meu Pai.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar; à Unidade Acadêmica de Engenharia de Civil.

Aos membros da Comissão Examinadora, Professor Dr. Milton Bezerra das Chagas Filho, da UFCG e Professor Me. Valter Ferreira de Sousa Neto, da UFCG, vossas contribuições foram indispensáveis para meu crescimento profissional.

Ao meu Orientador Professor Me. Rodrigo Mendes Patrício Chagas, da UFCG, sempre presente e atencioso, por toda a paciência, dedicação e compromisso, em todo o tempo buscou dá o melhor de si, não medindo esforços, para me ajudar. Serei sempre grato pelos seus ensinamentos.

Ao Técnico do Instituto Federal da Paraíba (Campus Catolé do Rocha), Romildo Lima, por toda a ajuda e por todo empenho para que fosse possível a realização desse trabalho. Muito obrigado por aceitar esse desafio e por toda dedicação dada.

À minha Mae, Maria de Fátima de Sousa Cardoso. Seu amor, carinho, paciência e atenção sempre presentes. Quando eu me sentia incapaz, sempre trazia palavras de ânimo para que eu pudesse ir em frente. Serei eternamente grato pela sua vida!

Aos meus amigos de curso sempre presentes, por todo companheirismo e irmandade, em especial, Daniel Silas e Gilanildo Freires, serei eternamente grato por todos os momentos vividos, guardarei cada um de vocês em meu coração.

Por fim, agradeço de coração a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste sonho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Demonstrativo de levantamento planimétrico por caminhamento.....	20
Figura 2. Cálculo de área I.....	21
Figura 3. Cálculo de área II.	21
Figura 4. Exemplo de leitura da mira estadimétrica, ou régua graduada.	23
Figura 5. Representação dos dados de um levantamento planialtimétrico.....	24
Figura 6. Representação dos volumes de corte e aterro com base na cota de projeto	25
Figura 7. Trena de fibra de vidro.	26
Figura 8. Teodolito Eletrônico.....	27
Figura 9. Estação Total Geodetic.	28
Figura 10. Linha do tempo da evolução dos equipamentos topográficos.	31
Figura 11. Fluxograma de atividades da pesquisa.	39
Figura 12. Esquematização das seções.	40
Figura 13. Localização da área.	44
Figura 14. Representação dos trapézios positivos: a)E1 -E2, b)E2-E3	48
Figura 15. Representação dos trapézios negativos: a)E3 -E0, b)E0-E1.	48
Figura 16. Poligonal do levantamento planimétrico por Caminhamento.	50
Figura 17. Curvas de nível representantes da superfície da poligonal obtida no AutoCAD Civil 3D.....	51
Figura 18. Representação da poligonal obtida com o software Topograph.	55
Figura 19. Diferenças na área da poligonal.	58
Figura 20. Volumes de corte e aterro obtidos nos levantamentos com Teodolito e Estação Total.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Áreas de atuação da topografia.....	18
Tabela 2. Classificação dos teodolitos.....	27
Tabela 3. Classificação das Estações Totais.....	29
Tabela 4. Área da poligonal obtida com o método de Gauss.	49
Tabela 5. Volume de corte e aterro obtido com o AutoCAD Civil 3D	51
Tabela 6. Área e perímetro de referência e obtidos com o Topograph.	54
Tabela 7. Volume de corte e aterro obtido com o Topograph.	56
Tabela 8. Tempo médio para execução de cada método.	60
Tabela 9. Comparação do preço final dos serviços de levantamentos.	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Evolução cronológica dos equipamentos topográficos.	29
Quadro 2. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com estação total.	35
Quadro 3. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com teodolito.	36
Quadro 4. Planilha de cálculo de coordenadas planimétricas.	47
Quadro 5. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com teodolito.	52
Quadro 6. Relatório dos erros da poligonal levantada obtidas com o Topograph.	53
Quadro 7. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com estação total.	56

Sumário

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos.....	14
1.1.1. Objetivo geral	14
1.1.2. Objetivos específicos.....	14
1.2. Justificativa	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. A Ciência Topográfica.....	16
2.2. Importância da Topografia.....	17
2.3. Levantamentos Topográficos.....	18
2.3.1. Planimetria.....	19
2.3.2. Altimetria.....	22
2.3.3. Planialtimetria.....	24
2.4. Equipamentos topográficos.....	25
2.5. Evolução dos Equipamentos Topográficos.....	29
2.6. Erros.....	32
2.7. Orçamento em Serviços Topográficos.....	33
2.7.1. Composição de Custos Unitários.....	33
2.7.2. Cotação de Preço	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1. Materiais	37
3.2.1. Caracterização e Localização da Área de Estudo	38
3.2.2. Levantamento Planimétrico por Caminhamento	39
3.2.3. Nivelamento Estadimétrico	40
3.2.4. Nivelamento Trigonométrico	42
3.2.5. Cálculo da Área	42
3.2.6. Cálculo do Volume de Corte e Aterro	42
3.2.7. Composição de Preço dos Serviços Topográficos.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Área de Estudo	44
4.2. Análise dos Resultados do Teodolito	45

4.2.1. Planilhas do Levantamento Planimétrico com o Teodolito.....	45
4.2.2. Área da poligonal obtida com o Teodolito Eletrônico	48
4.2.3. Volume de Corte e Aterro	50
4.2.4. Custos com o serviço de levantamento	52
4.3. Análise dos resultados da estação total.....	53
4.3.1. Relatório de Erros do Levantamento Trigonométrico	53
4.3.2. Área da poligonal obtida com a estação total	54
4.3.3. Volume de Corte e Aterro	56
4.3.4. Custos com o Serviço de Levantamento	56
4.4. Análise comparativa dos resultados entre teodolito e estação total.....	57
4.4.1. Área e Perímetro da Poligonal	57
4.4.2. Volume de Corte e Aterro	59
4.4.3. Custos dos Serviços Topográficos.....	60
5. CONCLUSÕES.....	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	68

RESUMO

A topografia é uma ciência de grande notoriedade para diversas áreas da engenharia. Tem por finalidade representar uma porção limitada da superfície terrestre, por meio de levantamentos topográficos, o qual consiste em um conjunto de métodos que, através de medição de ângulos e distâncias horizontais e verticais, utilizando instrumentos adequados, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando as coordenadas topográficas. Dessa forma, o presente trabalho objetiva a análise comparativa no levantamento topográfico planialtimétrico de um terreno realizado com o uso do teodolito e estação total. Utilizou-se para tanto, os métodos de caminhamento e estadimétrico para o teodolito e o método trigonométrico para a estação total. Após a realização dos levantamentos, os dados obtidos com o teodolito foram computados no software AutoCAD Civil 3D, enquanto que aqueles obtidos com a estação foram descarregados no Topograph. Foram avaliadas as seguintes variáveis: área da poligonal, volumes de corte e aterro e custos do serviço de levantamento. O teodolito apresentou uma discrepância de 1,12 m² para a área do lote, em relação à área da poligonal de referência (200 m²), enquanto que a estação total apresentou uma superestimação de 3,9 m². O volume de corte obtido com o teodolito superou em 1,12m³ aquele obtido pela estação total, enquanto que se percebeu uma inversão para o volume de aterro, onde a estação total superou em 5 m³ o volume obtido pelo teodolito, que apresentou 33,22 m³. O custo obtido com o serviço de levantamento com o teodolito foi de aproximadamente R\$ 826,00, enquanto que com a estação total foi de apenas R\$ 167,75. A partir da análise dos resultados, observou-se que o uso do teodolito apresentou-se eficaz na representação da área da poligonal, mas que não oferecia viabilidade técnica e econômica em levantamentos altimétricos com fins de terraplenagem. Por outro lado, a estação total se torna o equipamento mais adequado à realização de levantamentos planialtimétricos, tanto pela precisão, quanto pela rapidez e praticidade que o equipamento oferece.

Palavras chaves: Topografia, teodolito, estação total e levantamento topográfico.

ABSTRACT

Topography is a science of great notoriety for several areas of engineering. Its purpose is to represent a limited representation of the Earth's surface, through topographic surveys, which consists of a set of methods that, through the adjustment of horizontal and vertical angles and distances, using appropriate instruments, implant and materialize support points on the ground, determining as topographic coordinates. Thus, the present work aims at a comparative analysis in the topographic planialtimetric survey of a terrain carried out with the use of theodolite and total station. For this purpose, the walking and statimetric methods for the theodolite and the trigonometric method for the total station were used. After carrying out the surveys, the data obtained with the theodolite were computed in the AutoCAD Civil 3D software, while those obtained with the station were downloaded in Topograph. The following variables were evaluated: polygonal area, cut and fill volumes and survey service costs. The theodolite showed a discrepancy of 1.12 m² for the lot area, in relation to the reference polygonal area (200 m²), while the total station presented an overestimation of 3.9 m². The volume of cut obtained with the theodolite exceeded by 1.12m³ that obtained by the total station, while it was noticed an inversion for the volume of landfill, where the total station exceeded in 5 m³ the volume obtained by the theodolite (33.22 m³). The cost obtained with the theodolite survey service was approximately R\$ 826.00, while with the total station it was only R\$ 167.75. From the analysis of the results, it was observed that the use of theodolite was effective in representing the area of the polygonal, but that it did not offer technical and economic feasibility in elevation surveys for earthwork purposes. On the other hand, the total station becomes the most suitable equipment for carrying out planialtimetric surveys, both for the precision, as well as for the speed and practicality that the equipment offers.

Key Words: Topography, theodolite, total station and topographic survey.

1. INTRODUÇÃO

A topografia é uma ciência de grande importância para diversas áreas da engenharia, especialmente quando se trata de sistematização de terras, nivelamentos de terraplenagem e medições de terrenos.¹ Através da topografia é que se executa a medição e o cálculo das áreas de terras, suas demarcações e divisão, estuda-se e loca-se os traçados de estradas, os projetos de açudes e obras de terraplenagem em geral.²

Em outras palavras, a topografia é a base de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros ou arquitetos. Na construção civil, por exemplo, apresenta-se como necessária, pelo fato de ser importante antes, durante e após a realização de uma obra, na fase de planejamento, execução e manutenção da mesma, respectivamente.³

O objetivo primordial da topografia é representar uma porção limitada da superfície, através de levantamentos topográficos, o qual consiste em um conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, utilizando instrumentos adequados à precisão requerida, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando as coordenadas topográficas.⁴ Em resumo, a finalidade de um levantamento topográfico é representar graficamente e em sua totalidade as características geométricas do lugar estudado.

Para a realização dos levantamentos topográficos existe uma grande variedade de equipamentos, tais como: teodolito, nível, estação total, global position system (GPS), etc. A escolha do equipamento baseia-se em alguns fatores: tipo de levantamento, precisão requerida, produtividade, custos de execução e/ou aquisição dos aparelhos.

A estação total, por exemplo, é um dos instrumentos mais utilizados nos levantamentos topográficos devido à precisão e rapidez oferecidas. Combina todas as vantagens de um teodolito eletrônico com um distanciômetro, pois além de medir ângulos e distâncias a campo, é capaz de realizar alguns cálculos ainda em campo. Porém, apresenta um custo muito elevado à sua aquisição, além de exigir mão de obra

¹ DANTAS, W. C. **Avaliação de metodologias de levantamentos planialtimétricos para trabalhos de terraplenagem**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2013.

² PINTO, L. **Topografia I**. Apostila. Erechin, RS, 2014

³ SANTOS, M. R. **Otimização de levantamentos topográficos: o entendimento dos topógrafos da rmc** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia da Construção Civil). Universidade Regional do Cariri. Juazeiro do Norte, CE, 2018.

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

especializada, o que acaba por tornar o levantamento topográfico mais oneroso. O teodolito, por sua vez, embora se apresente com um custo mais acessível à aquisição do mesmo, possui desvantagens, como baixa produtividade e, em alguns casos, precisão inferior às estações totais.

Estudar a eficiência desses equipamentos em levantamentos planialtimétricos torna-se relevante, principalmente quando se consideram os custos envolvidos e a necessidade de precisão.

Diante do exposto, o presente trabalho objetiva realizar a análise comparativa entre o uso do teodolito e de estação total para a execução do levantamento topográfico planialtimétrico de um terreno de 10,00 m por 20,00 m com fins de loteamento.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Realizar análise comparativa entre o uso do teodolito e de estação total para execução de levantamento topográfico planialtimétrico de terreno situado no Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Catolé do Rocha, com dimensões 10,00 m e 20,00 m, totalizando uma área de 200 m².

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Realizar o levantamento topográfico planialtimétrico com o uso do teodolito;
- b) Realizar o levantamento topográfico planialtimétrico com o uso da estação total;
- c) Calcular volume de corte e aterro e área da poligonal nos levantamentos realizados com o teodolito e estação total;
- d) Quantificar os custos de mão de obra, diária dos equipamentos, tempo de execução e qualificar o melhor levantamento topográfico para a área estudada.

1.2. Justificativa

O fato de o teodolito e a estação total apresentarem resultados com diferentes acuracidades torna-se extremamente relevante a necessidade de verificar a melhor alternativa para realizar medições, levando em consideração a viabilidade técnica e

econômica, qualidade nos levantamentos, necessidades do empreendimento, assim como a limitação desses instrumentos nos serviços topográficos.⁵

Ressalta-se, ainda, a limitada presença de artigos e trabalhos científicos abordando a comparação entre o teodolito e a estação total, quanto ao levantamento planialtimétrico. Nesse sentido, este trabalho vem como uma contribuição para auxiliar profissionais da Construção Civil na tomada de decisão quanto à escolha do equipamento a ser utilizado.

⁵ COELHO, J. M. J; CARTAXO, F. R.N; ANDRADE, J. S.C.O.. **Topografia geral**. Recife/PE, EDUFRPE, 2014. 162 p.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão trabalhados os temas que fundamentam a pesquisa, abrangendo conceitos da Topografia e sua importância como ciência, tipos de levantamentos, métodos e equipamentos utilizados em práticas topográficas, origem dos equipamentos, custos com os serviços de topografia em uma obra e os erros cometidos em práticas topográficas.

2.1. A Ciência Topográfica

A evolução natural do homem culminou na formação do estado organizado, política e socialmente. Durante a criação dessa sociedade mais organizada, o ser humano sentiu a necessidade de especializar-se e demarcar seus domínios para uso em suas atividades agrícolas e moradias.

Neste momento que surgiram os primeiros procedimentos para demarcações dessas áreas.⁶ Esta delimitação já era prática usual, dos egípcios, a aproximadamente 2.000 a.C.. Embora de maneira rudimentar e utilizando-se de mecanismos específicos de medição, eles já desenvolviam técnicas para se descobrir as dimensões e desníveis de terrenos.⁷

Não apenas os egípcios, mas os árabes, gregos e romanos deixaram como legados processos e instrumentos, que embora primitivos, serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades com finalidades cadastrais.⁸ A essas práticas, os gregos deram o nome de “topografia”.⁹

A palavra Topografia é de origem grega, no qual "*topos*" indica "lugar" e "*graphen*" significa "descrever". Refere-se à representação detalhada de uma porção da superfície terrestre, através de uma projeção ortogonal cotada, denominada *superfície topográfica*. Tanto os limites quanto às particularidades são projetadas em um plano horizontal, desprezando a curvatura proveniente da esfericidade terrestre.¹⁰

⁶ TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

⁷ DANTAS, W. C. **Avaliação de metodologias de levantamentos planialtimétricos para trabalhos de terraplenagem**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2013.

⁸ ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Rio de Janeiro: Globo, 1994.

⁹ TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

¹⁰ AGNOLO, D. D. **Análise comparativa de levantamento topográfico convencional e levantamento com vant**: estudo de caso de um terreno urbano. 2019. 82 p. Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário – Católica De Santa Catarina, Joinville, SC, 2019.

De acordo com Veiga, Zanetti e Faggion (2012)¹¹, classicamente a Topografia está dividida em *Topometria* e *Topologia*. A Topometria objetiva o estudo dos processos clássicos de medição de distâncias, ângulos e desníveis, cuja pretensão é determinar as posições relativas de pontos. Por outro lado, a Topologia tem como propósito o estudo das formas exteriores do terreno e das leis que regem sua constituição.

Dentro da Topometria, estudam-se os processos de medidas de ângulos e distâncias horizontais e verticais, amparados na Geometria Aplicada. Os elementos geométricos são encontrados através de instrumentos topográficos, a exemplo do teodolito, nível e estação total. Além de que, para atender aos processos, a Topometria se divide em Planimetria e Altimetria, termos que serão abordados posteriormente.¹²

2.2. Importância da Topografia

A Topografia é uma ciência de grande notoriedade para diversas áreas da engenharia, especialmente quando se trata de sistematização de terras, nivelamentos de terraplenagem e medições de terrenos.¹³ Através da topografia é que se executa a medição e o cálculo das áreas de terras, suas demarcações e divisão, estuda-se e loca-se os traçados de estradas, os projetos de açudes e obras de terraplenagem em geral.¹⁴

É compreendida como a base para os projetos de toda obra realizada por engenheiros. Como exemplo, os trabalhos de obras viárias, núcleos habitacionais, aeroportos, hidrografia, sistemas de água e esgotos, etc., todos estes se desenvolvem em função do terreno sobre o qual se assentam, sendo o terreno objeto de estudo da topografia.

No que tange à construção civil, a topografia tem importância em diversas etapas e em diversos tipos de projetos. Na execução de uma obra, por exemplo, ela dá suporte em diversos procedimentos, como demarcação dos limites, locação da obra e nivelamento do terreno (terraplenagem). Em uma fase pós-obra, a mesma também é útil

¹¹ VEIGA, L. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P.. **Fundamentos de Topografia**. Apostila. 2007.

¹² FELIPE, A. L. S. **Topografia convencional na aferição de áreas obtidas por georreferenciamento e Google Earth**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agonomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Botucatu, SP, 2015.

¹³ DANTAS, W. C. **Avaliação de metodologias de levantamentos planialtimétricos para trabalhos de terraplenagem**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2013.

¹⁴ PINTO, L. **Topografia I**. Apostila. Erechin, RS, 2014

no controle da estrutura construída, na verificação de possíveis deslocamentos, evitando prejuízos e um possível desabamento.¹⁵

Em se tratando da execução de estradas e rodovias, a topografia se desdobra para delimitar o traçado geométrico, realização da distribuição de corte e aterro, pelo processo de terraplenagem. No entanto, vale ressaltar que o estudo da topografia é visto como de grande necessidade não apenas para as construções, mas para diversos outros campos de aplicação. A Tabela 1 resume algumas aplicações dessa ciência em algumas áreas da engenharia.

Tabela 1. Áreas de atuação da topografia.

Área industrial	Tem grande utilidade como apoio nas avaliações geométricas de alinhamentos e nivelamento de estruturas, determinação de eixos das peças mecânicas, locação de estruturas industriais, etc.
Ciências agrárias	Útil em projetos de irrigação e drenagem, inventários com foco no controle de safras, divisórias de glebas rurais, etc.
Geologia, geotecnia e mineração	Determinação de aspectos geológicos, demarcação de jazidas, cálculo do volume de rochas para detonação, etc.
Urbanismo	Levantamentos para fins de loteamento, planejamento urbano, cadastros, parcelamento de glebas, etc.

Fonte: Adaptado de Tuler (2014)

2.3. Levantamentos Topográficos

Conforme a ABNT NBR 13.133¹⁶, o levantamento topográfico pode ser entendido como:

“Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ ou pontos cotados” (ABNT, 1994).

¹⁵ SOUZA, L. A. S. Qual a importância da topografia para a construção civil?. 03 de Dez. 2018. Disponível em: <<http://geoeduc.com/qual-a-importancia-topografia-para-a-construcao-civil>>. Acesso em: 15 set. 2020.

¹⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

Segundo Ferraz (2014),¹⁷ o levantamento topográfico possui a finalidade de representar graficamente e em sua totalidade as características do lugar. Consiste em todas as operações, equipamentos e procedimentos indispensáveis para se reproduzir fielmente a superfície criada do local representado.

Na ABNT NBR 13.133¹⁸, que trata da Execução de Levantamentos Topográficos, são elencadas as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado à obtenção do conhecimento geral do terreno, como seu relevo, limites, confrontantes, área, etc.

Embora a representação dos pontos topográficos se relacionarem com uma representação projetada, o produto final do levantamento depende sumariamente da finalidade e do nível de detalhes do projeto. Como citados anteriormente, os projetos podem ser realizados através da Planimetria, Altimetria, ou também através da Planialtimetria.

2.3.1. Planimetria

De acordo com a ABNT NBR 13.133¹⁹, a planimetria se detém ao levantamento de limites e confrontações de uma dada propriedade, através da definição do perímetro, adicionando, quando houver, o alinhamento da via com o qual faça frente e também a sua orientação. A amarração dos pontos locados no terreno precisa pelo menos de alguma referência, seja a pontos notáveis e fixos de suas imediações ou referência cadastral.

Na planimetria, tanto as medidas lineares quanto as angulares são efetuadas em planos horizontais para se obter ângulos e distâncias horizontais, como mostra a Figura 1. Nesse processo, o relevo do terreno é totalmente desconsiderado e as coordenadas dos pontos de interesse são representadas no plano bidimensional (X, Y)²⁰.

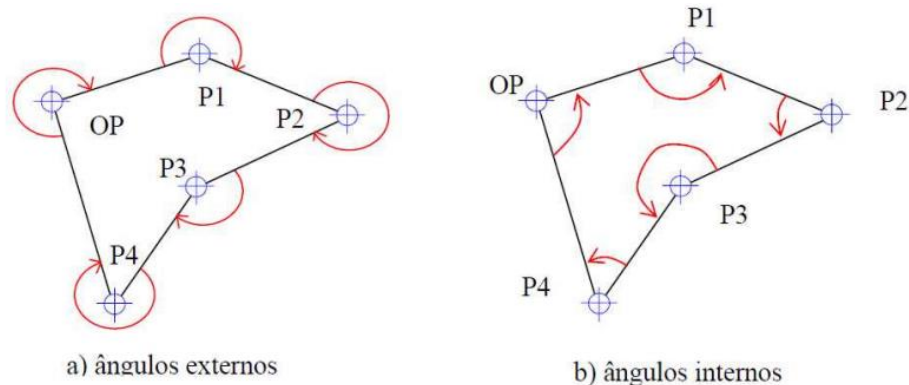
¹⁷ FERRAZ, R. S. **Levantamento topográfico do parque arqueológico são miguel arcanjo por varredura a laser terrestre**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

¹⁸ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

¹⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

²⁰ PASTANA, C. E. T. **TOPOGRAFIA I E II: Anotações de aula**. São Paulo. UNIMAR. 2010. Disponível em: <<http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/estudo-comparativo-de-gnss-e-estacao-total-no-levantamento-topografico.pdf>>. Acesso em 29 jul 2020.

Figura 1. Demonstrativo de levantamento planimétrico por caminhamento.



Fonte: Urca (2013)

Há uma subdivisão dentro do levantamento planimétrico, que se refere aos métodos de levantamentos. São classificados em principais e secundários, baseados na sua maior ou menor utilização em campo.

Os métodos principais servem normalmente para implantação dos pontos de apoio para o levantamento, e com isso, solicitam maiores rigidez e controle, enquanto que os métodos ditos secundários são aqueles usados de maneira eventual. Usualmente servem para levantar aspectos naturais ou artificiais encontrados no levantamento topográfico, de modo a “amarrar” as informações à poligonal levantada pelos métodos principais.²¹

Nos levantamentos planimétricos, frequentemente adota-se o método de caminhamento ou poligonação como método principal, que consiste na medição simultânea de ângulos e distâncias resultando em uma sucessão de alinhamentos. O caminhamento caracteriza-se principalmente pela necessidade que o operador tem de percorrer todo o perímetro da área a ser levantada (fechamento da poligonal).

Por outro lado, usualmente se utiliza o método da irradiação para dá suporte ao caminhamento, onde o mesmo serve basicamente para determinar as coordenadas de cada ponto irradiado no interior da área em estudo, através de uma distância e de um ângulo, tomando por base um ponto da poligonal principal.

²¹ TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

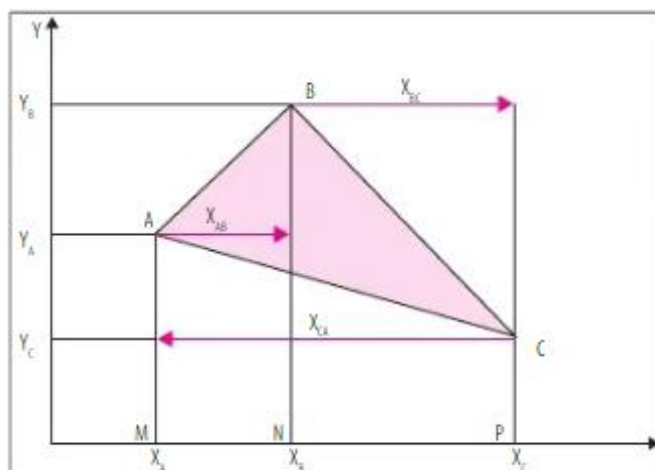
2.3.1.1. Área da Poligonal

O objeto de estudo de um levantamento planimétrico, consiste na determinação da área da poligonal estudada, obtida a partir dos dados levantados em campo e de cálculos baseado em métodos renomados no campo da topografia.

Tuler (2014)²² relata que é possível calcular a área de uma poligonal através do método analítico de Gauss, que consiste primeiramente em conhecer as coordenadas relativas (x) e absolutas (y), dividir a poligonal em trapézios e proceder o cálculo de cada área separadamente. Ressalta-se contudo que se deve avaliar o sentido do deslocamento das coordenadas relativas, para identificar quais áreas devem ser somadas ou subtraídas no cálculo final.

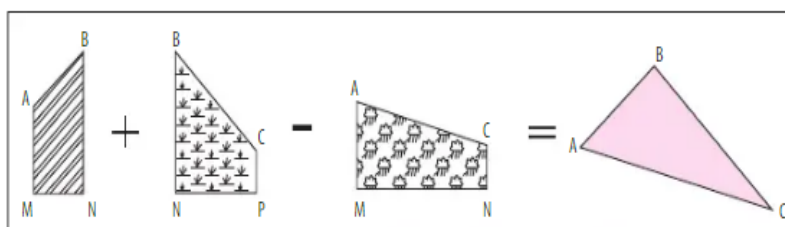
As Figuras 2 e 3 elucidam como proceder a determinação da área de uma poligonal.

Figura 2. Cálculo de área I



Fonte: Tuler (2014)

Figura 3. Cálculo de área II.



Fonte: Tuler (2014)

²² TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

2.3.2. Altimetria

Dá-se o nome de levantamento altimétrico, ou nivelamento, a determinação das cotas de um terreno, conseguindo-se através de processos próprios, as altitudes, as cotas ou as diferenças de altitudes ou alturas dos inúmeros pontos do terreno. Define-se altitude como sendo a distância vertical de um ponto relativo ao nível do mar e cota de um ponto, quando essa distância é relativa a outro plano adotado como referência.²³

Esse tipo de levantamento é entendido como o conjunto de operações para a determinação de pontos no terreno, projetados em um plano de referência vertical, através de sua coordenada z .²⁴ Tem por objetivo mensurar as alturas relativas dos pontos de apoio a uma superfície de referência, supondo o conhecimento de suas posições planimétricas.²⁵

2.3.2.1. Nivelamento Trigonométrico

Quando há a necessidade de se calcular a diferença de nível referente aos pontos do terreno, em um levantamento altimétrico, comumente é empregado o método trigonométrico. De acordo com a ABNT NBR 13.133 (1994)²⁶, esse método fundamenta-se na relação trigonométrica entre ângulos e distâncias medidos, considerando a altura do centro do limbo vertical do aparelho ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado. Para isso, a medição da altura entre os pontos é realizada indiretamente, determinando os ângulos verticais e a distância entre eles.

O procedimento envolve a observação do ângulo vertical ou zenital de altura e a distância inclinada ou horizontal entre os pontos que se deseja calcular o desnível, e pode ser executado através de visadas unilaterais ou visadas recíprocas.²⁷

É um método prático na obtenção dos desníveis entre pontos de terrenos com largas inclinações e/ou áreas montanhosas, indicado para pequenas distâncias. Porém,

²³ COELHO, J. M. J; CARTAXO, F. R.N; ANDRADE, J. S.C.O. **Topografia geral**. Recife/PE, EDUFRRPE, 2014. 162 p.

²⁴ AGNOLO, D. D. **Análise comparativa de levantamento topográfico convencional e levantamento com vant**: estudo de caso de um terreno urbano. 2019. 82 p. Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário – Católica De Santa Catarina, Joinville, SC, 2019.

²⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

²⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

²⁷ MOREIRA, A. S. B. **Nivelamento trigonométrico e nivelamento geométrico classe IIN da NBR 13.133**: Limites e condições de compatibilidade. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.

ao ser realizado em grandes áreas, é preferível a realização de visadas zenitais recíprocas.²⁸

Seu uso frequente em práticas topográficas deve-se à grande praticidade e rapidez que a metodologia oferece, na criação de plantas. Mesmo sujeito a erros, o nivelamento trigonométrico é capaz de conferir grande precisão na aquisição de dados, inclusive em projetos de geoprocessamento.²⁹

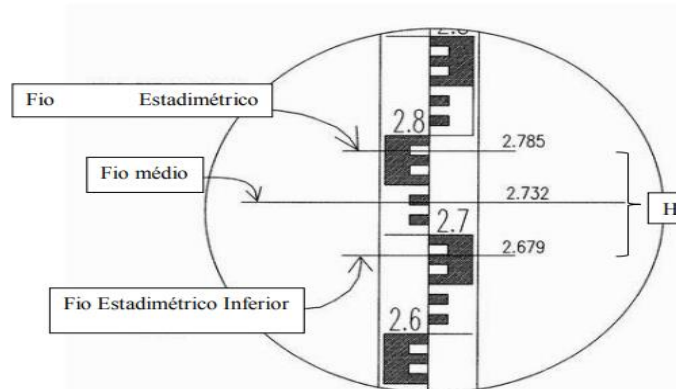
2.3.2.2. Nivelamento Estadimétrico

Nesse método de nivelamento, os cálculos das distâncias horizontais e verticais são realizados indiretamente por meio da leitura dos fios estadimétricos presentes na luneta dos equipamentos, denominados taqueômetros³⁰.

Os instrumentos presentes nessa categoria de nivelamento fornecem os dados referentes às leituras processadas na mira com auxílio dos fios estadimétricos, assim como do ângulo de inclinação do terreno, lido no limbo vertical do aparelho.

A Figura 4 exemplifica a leitura de uma mira estadimétrica realizada com o uso do teodolito, sendo este o aparelho mais utilizado nesse tipo de nivelamento.

Figura 4. Exemplo de leitura da mira estadimétrica, ou régua graduada.



Fonte: Fernandes (2019)

²⁸ MOREIRA, A. S. B. **Nivelamento trigonométrico e nivelamento geométrico classe IIN da NBR 13.133**: Limites e condições de compatibilidade. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.

²⁹ DIAS, A. L.; SARAIVA, A. G. S.; GADELHA, A. G.; SOUZA, R. F.; GUIMARÃES, C. L. Utilização de estação total para a execução de levantamentos altimétricos compatíveis com a classe IIN da NBR 13133. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010. Recife, p.1-6. **Anais...**

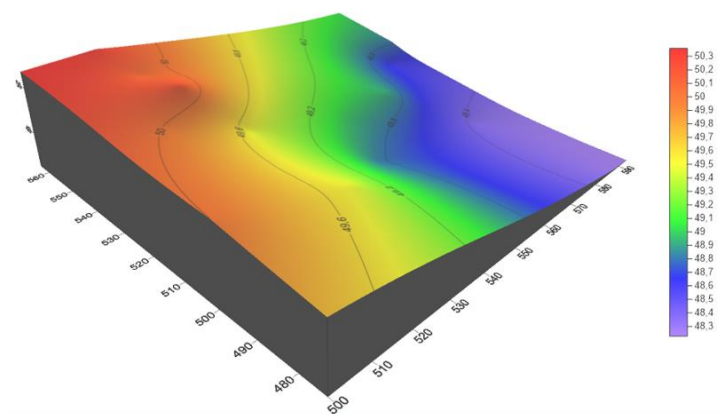
³⁰ FERNANDES, L. E. C. **Levantamento planialtimétrico para fins de paisagismo e irrigação**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Gaças, MT, 2019.

2.3.3. Planialtimetria

O levantamento planialtimétrico é entendido como a soma do conjunto de métodos abrangidos na planimetria e altimetria, usados na representação dos pontos no terreno através de três coordenadas (x , y , z). Ao passo que a projeção dos pontos no plano horizontal é feita pelas coordenadas x e y , no plano vertical é realizada pela coordenada z .³¹

Em outras palavras, as coordenadas planimétricas são representadas através da interseção dos alinhamentos e a coordenada altimétrica é representada pelas curvas de nível, como mostra a Figura 5.

Figura 5. Representação dos dados de um levantamento planialtimétrico.



Fonte: Gomes, 2019

2.3.3.1. Cálculo de Volumes de Corte e Aterro

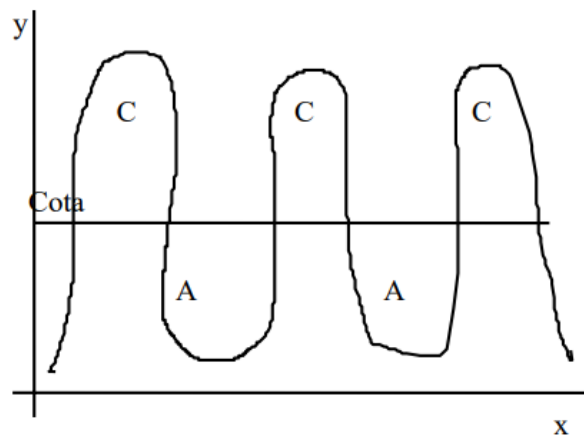
Na Topografia, o cálculo do volume tem por objetivo aplainar regiões segundo uma altura denominada cota, fornecida pelo usuário. Tal aplicação é bastante usada nos projetos de estradas, loteamentos e na criação de patamares com o objetivo de prevenir erosões causadas pela chuva.

O cálculo dos volumes de corte e aterro apresenta três componentes básicos, a saber: a cota de corte, o polígono que define a área para o cálculo e a unidade básica para o cálculo. A cota de corte é definida pelo usuário. Ela define um platô que se intercepta com o relevo estudado. O relevo que se encontrar acima dessa cota é considerado para o cálculo do volume de corte e o que estiver abaixo é considerado para

³¹ TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

o cálculo do volume de aterro (Figura 6). O polígono representa a área sobre a qual se deseja saber os volumes de corte e aterro³².

Figura 6. Representação dos volumes de corte e aterro com base na cota de projeto



Fonte: Rolim e Namikawa (1996)

Normalmente, os volumes de corte e aterro são obtidos através dos dados de levantamentos topográficos, como as curvas de nível, seções transversais ou malhas de pontos com cotas conhecidas. Ressalta-se ainda que o fornecimento dos dados relativos aos volumes é realizado por softwares topográficos, a exemplo do AutoCAD Civil 3D e do Topograph, que calculam e geram relatórios quase que instantâneos, garantindo confiança e praticidade ao projetista.

2.4. Equipamentos topográficos

Dentro da Topografia existem diferentes instrumentos e acessórios, que são cruciais quando se trata de levantamento topográfico. Os equipamentos topográficos estão incluídos nos levantamentos planimétricos, altimétricos, com GPS e locações, sendo de grande importância para a topografia.³³

³² ROSIM, S; NAMIKAWA, L. M. Cálculo do Volume de Corte e Aterro usando Modelagem Numérica de Terrenos. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE. P.741-742.

³³ SILVA, F. B. **Estudo comparativo de gns e estação total no levantamento topográfico**. 2017. 36 p. Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Da Paraíba Departamento De Engenharia Civil, João Pessoa, PB, 2017.

Segundo Coelho júnior, Cartaxo e Andrade (2014)³⁴, os equipamentos são divididos em dois grupos:

- i) Instrumentos: são os equipamentos usados nas medições. Estações totais, bússola, níveis de luneta, teodolito, trena, distânciômetros, são alguns dos aparelhos mais utilizados.
- ii) Acessórios: todo material usado para dá suporte às medições. Estacas e pontos de pregos, utilizados na materialização dos pontos de apoio, piquetes; a mira, etc.

2.4.1. Trenas

As trenas são instrumentos bastante utilizados na mensuração das diferenças de nível e também de distâncias horizontais. Podem proporcionar exatidão ao levantamento quando realizadas adequadamente, mas torna-se suscetível a erros devido principalmente a sua dilatação térmica (principalmente as metálicas) ou manuseio incorreto da mesma.³⁵ É o instrumento mais comum que existe, quando se fala em levantamentos diretos, podendo ser fabricada de lona, aço ou fibra de vidro. A Figura 7 apresenta uma trena feita com fibra de vidro.

Figura 7. Trena de fibra de vidro.



Fonte: Paiva (2012)

³⁴ COELHO, J. M. J; CARTAXO, F. R.N; ANDRADE, J. S.C.O.. **Topografia geral**. Recife/PE, EDUFRPE, 2014. 162 p.

³⁵ COELHO, J. M. J; CARTAXO, F. R.N; ANDRADE, J. S.C.O.. **Topografia geral**. Recife/PE, EDUFRPE, 2014. 162 p.

2.4.2. Teodolitos

Os teodolitos (Figura 8) são definidos como instrumentos direcionados às medições de ângulos verticais e horizontais (com auxílio da baliza). Empregado na Geodésia e Agrimensura para triangulação em redes, o instrumento é usado também na engenharia em grandes construções de estradas, demarcações de fazendas e sítios e projetos de pavimentação.³⁶

Figura 8. Teodolito Eletrônico.



Fonte: Zilkha (2014)

No que diz respeito à precisão, a ABNT NBR 13.133 classifica os teodolitos segundo o desvio padrão de uma direção observada em duas posições da luneta, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos teodolitos.

Classes de Teodolitos	Desvio padrão Precisão angular
1 – Precisão baixa	$\leq \pm 30''$
2 – Precisão média	$\leq \pm 07''$
3 – Precisão alta	$\leq \pm 2''$

Fonte: ABNT NBR 13133 (ABNT 1994)

2.4.3. Estação Total

De maneira geral, a Estação Total se trata da união de um teodolito eletrônico (medida angular), um distanciômetro eletrônico e um processador matemático, em um só aparelho.³⁷

³⁶ TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

³⁷ VEIGA, L. K.; ZANETTI, M. A Z.; FAGGION, P..**Fundamentos de Topografia**. Apostila. 2007.

É um instrumento eletrônico utilizado na obtenção de ângulos, distâncias e coordenadas usados para representar graficamente uma área do terreno, sem a necessidade de anotações, pois todos os dados são gravados no seu interior e descarregados para um PC (*personal computer*), através de um software, podendo ser trabalhados com auxílio de outros softwares. Esse instrumento pode ser considerado como a evolução do teodolito, onde adicionou-se um distanciômetro eletrônico, uma memória temporária (processador), uma memória fixa (disco rígido) e uma conexão com um PC, montados num só bloco.³⁸

A figura 9 apresenta um exemplo de estação total.

Figura 9. Estação Total Geodetic.



Fonte: Santos (2018)

A classificação das estações totais está baseada na ABNT NBR 13.133³⁹, seguindo o seu desvio padrão, conforme mostra a Tabela 3.

³⁸ SANTOS, W. J. **A contribuição da topografia e da geodésia no estudo de terrenos inclinados e áreas de risco**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2017.

³⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

Tabela 3. Classificação das Estações Totais.

Classes de Estações Totais	Desvio padrão	Desvio padrão
	Precisão Angular	Precisão Linear
1 – Precisão baixa	$> \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times \text{Dist})$
2 – Precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times \text{Dist})$
3 – Precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (5\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times \text{Dist})$

Fonte: ABNT NBR 13133 (ABNT, 1994).

2.5. Evolução dos Equipamentos Topográficos

Os equipamentos tecnológicos são imprescindíveis para se desenvolver e aprimorar métodos de coleta e processamento de dados nos trabalhos de topografia. Nesse sentido, deve ser destacada a evolução tecnológica desses instrumentos, que além de sua importância para o levantamento topográfico, teve enorme impacto para a construção da sociedade.

A evolução dos equipamentos topográficos tem origem desde 3.000 a.C. quando os egípcios e babilônicos começam a desenvolver técnicas de medição. O Quadro 1 apresenta de maneira resumida, como se deu a evolução em ordem cronológica, bem como algumas características pertinentes a cada equipamento topográfico.

Quadro 1. Evolução cronológica dos equipamentos topográficos.

Método/Instrumento	Período	Características
Cordas	3.000 a.C.	Usado por egípcios e babilônicos; Primeira ferramenta de medição; Eram chamados “esticadores de corda” quem trabalha com essa atividade.
Groma ⁴⁰	3.000 a.C.	Usado por egípcios; Consistia de dois braços, cruzados perpendicularmente (cerca de 1 m de comprimento cada braço) e a extremidade de cada um dos quatro cantos com ou sem prumo pendurados na corda; usada no alinhamento de direções em áreas planas até objetos distantes para em seguida transferir as linhas para o solo marcando linhas retas; marcação de ângulos.
Quadrante	150 d.C.	Quadrante de Ptolomeu usado a observações astronômicas.
Astrolábio	150 d.C.	Precursor do Teodolito.
Teodolito óptico ⁴¹	1720	Surge o primeiro teodolito provido de quatro parafusos niveladores;

⁴⁰ ZILKHA, E. **Utilização do GeoGebra na construção de instrumentos: Teodolito**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática). Instituto de Matemática Pura e Aplicada. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

⁴¹ ZILKHA, E. **Utilização do GeoGebra na construção de instrumentos: Teodolito**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática). Instituto de Matemática Pura e Aplicada. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

		<p>Acoplado a um telescópio; Usado na Geodésia, Agrimensura e topografia na medição e ângulos horizontais e verticais.</p>
Medidor Eletrônico de Distância (MED) ⁴²	1943	<p>Substituiu as trenas nas medições de distâncias; Medidas com precisão sub-milimétrica; Alimentado por bateria que pesava mais de 40 kg e era acoplado ao teodolito; Capacidade de carga de 1 dia, apenas; Utilizava prismas refratários de raio laser na medição.</p>
Teodolito Eletrônico ⁴³	Década de 70	<p>Compensa de forma automática a inclinação do equipamento, levando à horizontalidade de sua base; apresenta como diferença básica em relação aos teodolitos clássicos ótico-mecânicos a substituição do leitor ótico de um círculo graduado por um sistema de captadores eletrônicos; os ângulos nestes instrumentos são lidos diretamente pelos topógrafos em um visor com “<i>display</i>” de cristal líquido parecido com o existente em uma calculadora eletrônica.</p>
Estação Total ⁴⁴	Década de 90	<p>um instrumento eletrônico, equipado com cartões magnéticos ou coletores de dados, que substituem as tradicionais cadernetas de campo; tornou mais simples os trabalhos executados em campo; Formado a partir da união do MED com o Teodolito Eletrônico em um só bloco; conseguem medir ângulos horizontais, verticais e distâncias inclinadas, e realizar cálculos instantaneamente das distâncias horizontais e verticais, apresentando os resultados num visor de cristal líquido; Possibilitou a redução da equipe de campo, em virtude do acentuado avanço tecnológico desse equipamento; Possui funções simples que permitem a realização de alguns cálculos instantâneos ainda em campo: cálculo de área, locação de pontos, determinação da altura de um ponto a partir de outro conhecido, etc. são algumas funções desse equipamento.</p>

Fonte: Autor (2020)

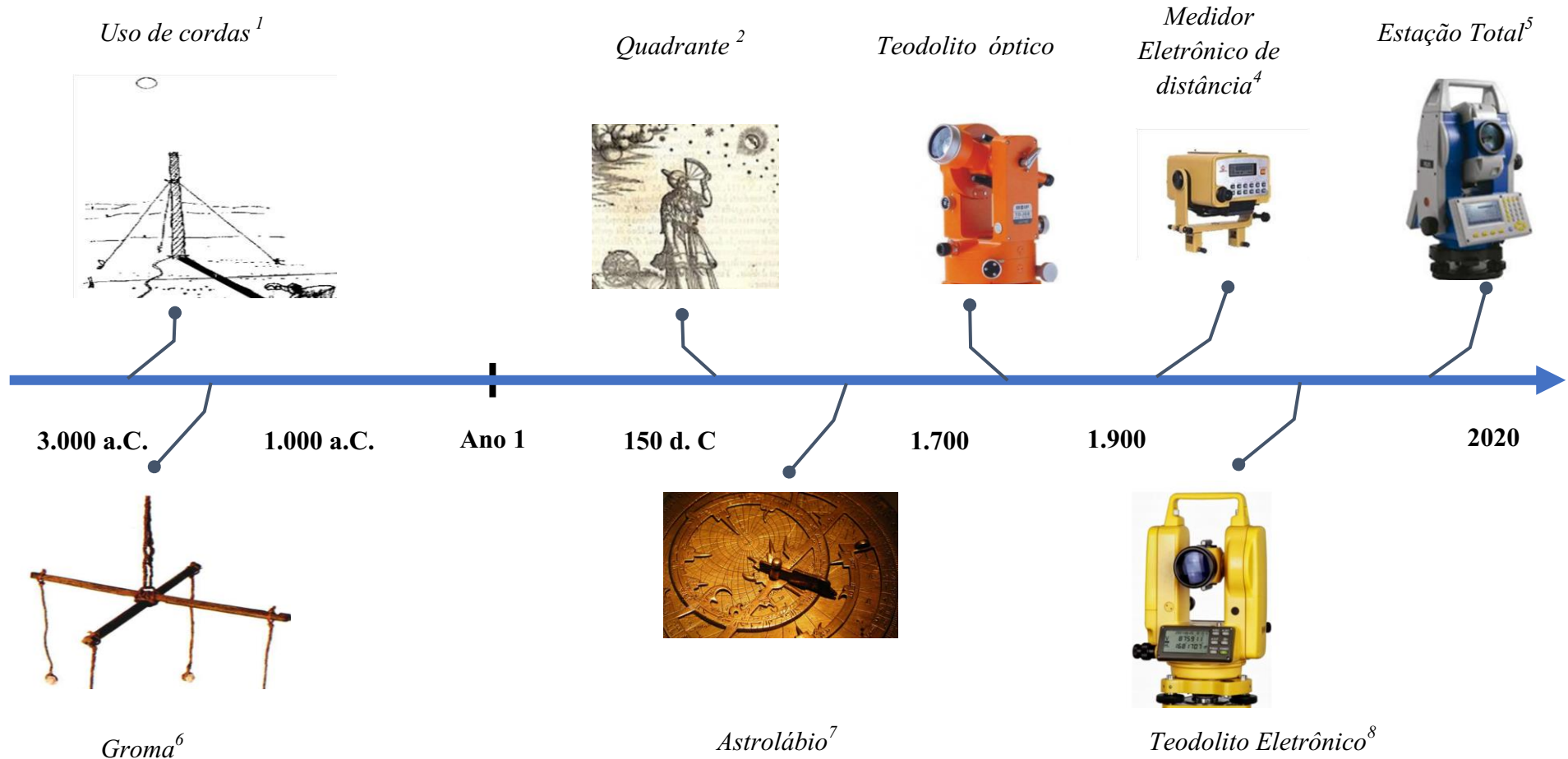
A Figura 10 apresenta de forma didática a evolução dos equipamentos topográficos, também em ordem cronológica, descritos no Quadro 1.

⁴² SANTANA, C. **Equipamentos topográficos: evolução tecnológica.** Relatório da disciplina de Topografia. São Paulo, SP, 2017. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-do-anhembi-morumbi/topografia/outro/equipamentos-topograficos-evolucao-tecnologica/4453507/view>. Acesso em: 13 set. 2020.

⁴³ RODRIGUES, D. A. **Evolução dos equipamentos topográficos aliados a qualidade na construção civil.** 2003. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

⁴⁴ SOUZA, G. C. **Análise de Metodologias no Levantamento de Dados Espaciais para Cadastro Urbano.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2001.

Figura 10. Linha do tempo da evolução dos equipamentos topográficos.



1: ZILKHA (2014); 2: ESTADÃO (2018); 3: ZILKHA (2014); 4: MEDINA (2019); 5: MEDINA (2019) 6: ZILKHA (2014); 7: ABREU (2012); 8: ZILKHA (2014)

2.6. Erros

Em se tratando de representar a superfície topográfica, efetuam-se medidas de grandezas, como direções, diferenças de alturas e distâncias. Obviamente, essas medições estão sujeitas a erros. As principais fontes, conforme Veiga, Zanetti & Faggion (2012)⁴⁵ são:

a) Condições ambientais: ocasionados pelas intempéries. Exemplo: variação do comprimento de uma trena com a variação da temperatura;

b) Instrumentais: causados por problemas na própria fabricação do equipamento ou ajuste do mesmo. Podem ser reduzidos os erros com retificação, calibração e classificação, assim como técnicas particulares de observação;

c) Pessoais: advindo de falhas humanas, como falta de atenção ao executar uma medição, cansaço, inclinar a baliza durante a leitura, o que incorre medições errôneas de ângulos, etc.

Ainda de acordo com os autores, os erros causados pelos três elementos apresentados anteriormente, poderão ser classificados em: erros grosseiros, erros sistemáticos e erros aleatórios.

Erros grosseiros: são cometidos pela falta de experiência de quem executa o levantamento. São facilmente corrigidos, através de treinamentos e conferências constantes dos pontos lançados. Além de que, normalmente são detectados com grande facilidade devido à discrepância com os demais dados levantados.

Erros sistemáticos: são os erros produzidos em virtude de causas conhecidas e que se acumulam ao longo das medições, que podem ser determinados e corrigíveis por meio de leis matemáticas ou físicas.

Erros aleatórios ou acidentais: são os que permanecem mesmo com a eliminação dos erros anteriores. Um exemplo pode-se citar a inclinação da baliza ou de pontaria na leitura da direção.

⁴⁵ VEIGA, L. K.; ZANETTI, M. A Z.; FAGGION, P..**Fundamentos de Topografia**. Apostila. 2007.

2.7. Orçamento em Serviços Topográficos

De modo geral, o orçamento é determinado através do somatório dos custos diretos (equipamentos, mão de obras, materiais), custos indiretos (salários de engenheiro, técnicos, despesas gerais), lucros e impostos.⁴⁶

Em se tratando dos custos diretos, são definidos como os custos diretamente associados aos serviços de campo. Sua unidade básica é a composição de custos, podendo neste caso ser unitária, ou seja, uma unidade de serviço.

2.7.1. Composição de Custos Unitários

Trata-se da montagem do custo direto de cada serviço que será executado por uma unidade básica, necessário para se conseguir orçar o custo de uma obra ou serviço com grande assertividade.⁴⁷ Para isso, considera-se a quantidade de material, de horas de equipamento e o número de horas de pessoal gastos para a execução de cada unidade desses serviços, e esses elementos são multiplicados respectivamente pelos custos dos materiais, do aluguel horário dos equipamentos e pelo salário-hora dos trabalhadores, acrescidos dos encargos sociais.⁴⁸

Os custos unitários de serviços são obtidos por meio de tabela que expõe todos os insumos diretamente ligados com a execução de uma unidade de serviço e custos com mão de obra. O valor do custo unitário de um serviço, portanto, é obtido pela composição dos custos individuais dos insumos e mão de obra.

Os valores de referência para compor os custos unitários de um serviço são encontrados em tabelas reconhecidas nacionalmente. A Caixa Econômica Federal, por exemplo, disponibiliza as tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), e através delas, é possível desenvolver um orçamento completo, lembrando-se apenas de realizar uma pesquisa local para adequar os valores à realidade da região.

⁴⁶ MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

⁴⁷ SILVA, K; CAMPOS, G; SILVA, R. M.; CIDÁLIA, A; SANTOS, G. A composição de custos na construção civil. 2015. **Pensar Engenharia**, Minas Gerais, v.3, n. 1, 2015

⁴⁸ TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

2.7.2. Cotação de Preço

Dias (2006)⁴⁹ esclarece que devido às particularidades de cada obra, para a composição do preço de um serviço, o custo a se considerar é regional, ou seja, os salários de mão de obra e preço de materiais podem variar de região para região. O mesmo vale para a mão de obra de um Topógrafo ou auxiliar. Nesse caso, é importante que a composição de preços faça jus à realidade local, para que o orçamento seja o mais coerente possível.

Os Quadros 2 e 3 apresentam um exemplo de composição de preços unitários de levantamento topográfico planialtimétrico, construídos a partir dos dados obtidos do SINAPI e pesquisa com empresas locais do ramo.

A diferença básica entre os quadros está no equipamento usado nas medições. No Quadro 3, utiliza-se uma estação total eletrônica com custo horário de operação de R\$ 7,23, enquanto no Quadro 2 é usado um Teodolito eletrônico, de média precisão, com custo horário de R\$ 2,27.

⁴⁹ DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Uma Metodologia de Orçamentação para Obras Civas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Hoffmann, 2006. 215 p

Quadro 2. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com estação total.

COMPOSIÇÃO DE PREÇOS				
Descrição Serviço		Leis Sociais		Data-base
		115,81%		Out/20
Equipe de Topografia - Serviço de levantamento Planialtimétrico Cadastral, com cálculos e desenho da planta topográfica.				
A- EQUIPAMENTOS				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Estação total eletrônica com precisão angular de 2", linear de 2 mm e alcance com 1 prisma de 3.000 m	h		R\$ 7,23	
Veículo Leve, a gasolina, com capacidade para 4 pessoas.	h		R\$ 10,86	
Custo horário total dos equipamentos				
B - MÃO DE OBRA				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Topógrafo com encargos complementares	h		R\$ 28,53	
Auxiliar de topógrafo com encargos complementares	h		R\$ 11,63	
Desenhista detalhista com encargos complementares	h		R\$ 34,87	
	Custo horário total da mão de obra			
	Encargos Sociais 115,81%			
	Custo total mão de obra			
C- VALOR TOTAL DO SERVIÇO				

Fonte: Adaptado de SINAPI (2020)

Quadro 3. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com teodolito.

COMPOSIÇÃO DE PREÇOS				
Descrição Serviço		Leis Sociais		Data-base
		115,81%		Out/20
Equipe de Topografia - Serviço de levantamento Planialtimétrico Cadastral, com cálculos e desenho da planta topográfica.				
A- EQUIPAMENTOS				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Teodolito eletrônico, precisão angular de 5 a 7 segundos, inclusive tripé	h		R\$ 2,27	
Veículo Leve, a gasolina, com capacidade para 4 pessoas.	h		R\$ 10,86	
Custo horário total dos equipamentos				
B - MÃO DE OBRA				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Topógrafo com encargos complementares	h		R\$ 28,53	
Auxiliar de topógrafo com encargos complementares	h		R\$ 11,63	
Desenhista detalhista com encargos complementares	h		R\$ 34,87	
	Custo horário total da mão de obra			
	Encargos Sociais 115,81%			
	Custo total mão de obra			
C- VALOR TOTAL DO SERVIÇO				

Fonte: Adaptado de SINAPI (2020)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesse capítulo serão apresentados os aparelhos, acessórios, “softwares” e métodos utilizados na pesquisa. Além disso, serão abordados os procedimentos desenvolvidos em campo para a coleta dos dados.

3.1. Materiais

Os materiais usados na pesquisa foram divididos conforme o método de obtenção dos dados utilizados na pesquisa.

a) Usando o Teodolito:

- Teodolito Eletrônico: o teodolito utilizado nesse levantamento foi um Teodolito Eletrônico da marca FOIF, modelo DT400, com três anos de uso. O aparelho apresenta um campo de visão de $1^{\circ}30'$, foco mínimo de 1 m, precisão angular de $5''$, com prumo laser de série. Possui abertura da objetiva de 45 mm, capacidade de aumento da imagem de 30x e leitura mínima de $5''$;
- Trena: acessório utilizado na medição das alturas do instrumento;
- Mira: acessório usado no levantamento para leitura dos fios estadimétricos;
- Balizas: bastão de madeira utilizado na posição vertical sobre os pontos de apoio para descobrir as aberturas angulares entre os alinhamentos;
- Caderneta de campo: acessório indispensável em práticas de topografia, uma vez que se utiliza deste para anotar todos os dados levantados em campo;
- Celular: utilizado na localização do norte magnético, das coordenadas UTM e no registro do tempo de execução;
- Excel[®] 2010: software usado na criação de planilhas eletrônicas e das cadernetas de campo;
- Autocad Civil 3D: software usado na criação da poligonal e na geração dos resultados dos volumes de corte e aterro.

b) Usando a Estação Total:

- Estação Total: a estação total utilizada para esse levantamento é uma Estação Total da marca FOIF, modelo RTS102R5, com três anos de uso. O aparelho apresenta um campo de visão de $1^{\circ}30'$, foco mínimo de 1 m, precisão angular de $2''$ a $5''$, com prumo laser de série. Possui abertura da objetiva de 45 mm de diâmetro, capacidade de aumento da imagem de 30x e leitura mínima de $1''$.

- Prima refletor com bastão: possui a função de refletir o sinal eletrônico emitido e ao transmiti-lo de volta para a estação permitir a medição de distância entre a Estação e o ponto observado;
- Celular: usado para registrar o tempo de execução do levantamento
Topograph: software usado para descarregar os dados da estação total, calcular e corrigir automaticamente os erros lineares e angulares e fazer a representação da poligonal.

3.2. Métodos

O estudo experimental foi realizado conforme ilustra o fluxograma da Figura 11. Está dividido em três etapas.

Primeira etapa: inicialmente foi definido onde seria realizado o levantamento topográfico planialtimétrico. Buscou-se uma área de fácil acesso, contendo certas irregularidades no relevo. Escolheu-se um terreno pertencente ao Instituto Federal da Paraíba, Campus Catolé do Rocha, pela disponibilidade dos equipamentos necessários à realização da pesquisa;

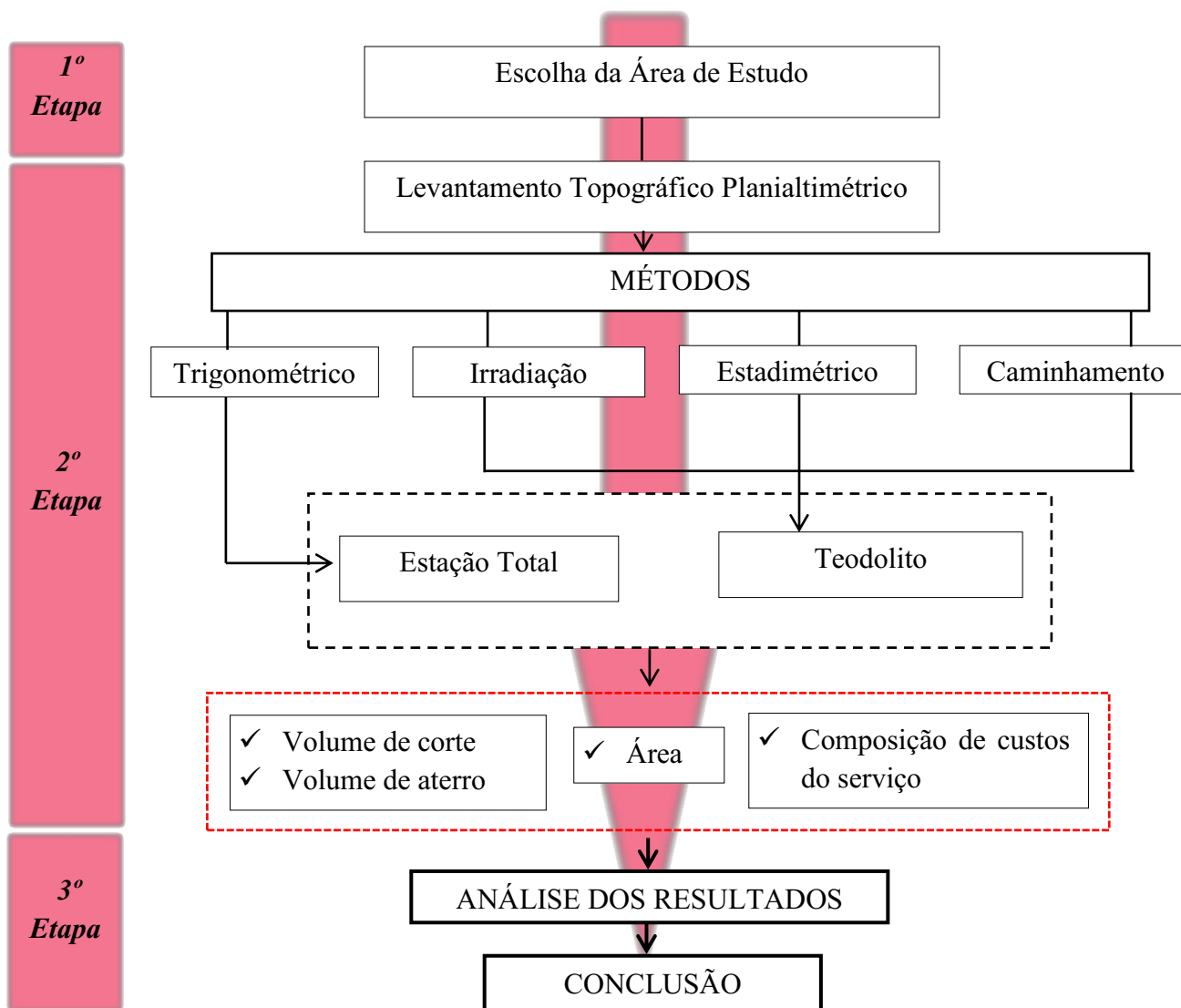
Segunda etapa: realização dos levantamentos topográficos usando a estação total e o teodolito, objetivando o cálculo da área da poligonal, volumes de corte e aterro e a composição do preço do serviço, para ambos os levantamentos.

Terceira etapa: análise e conclusão da pesquisa.

3.2.1. Caracterização e Localização da Área de Estudo

O trabalho desenvolvido em campo foi realizado no Instituto Federal da Paraíba, campus de Catolé do Rocha. Escolheu-se dentro do campus, uma área que possuísse certas irregularidades no seu relevo, de modo a permitir a análise das variáveis estudadas no presente trabalho. As coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) do ponto tomado como referência ao levantamento são 9298951,652m N, 637590,341m E, 280m, sendo que a última representa a cota ortométrica do ponto.

Figura 11. Fluxograma de atividades da pesquisa.



Fonte: Autor (2020)

3.2.2. Levantamento Planimétrico por Caminhamento

O levantamento de uma poligonal é feito através do método de caminhamento, onde se percorre o contorno de um itinerário definido por uma série de pontos, medindo-se todos os ângulos, lados e uma orientação inicial, a exemplo do norte magnético. A partir dos dados coletados e de uma coordenada de partida, é possível

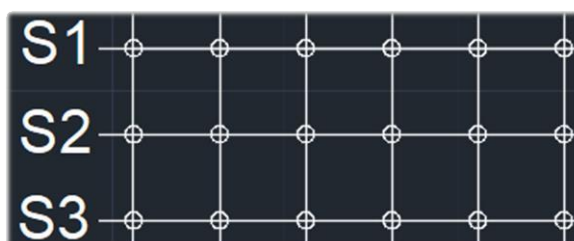
calcular as posições de todos os outros pontos que constituem a poligonal e assim proceder ao cálculo da área.⁵⁰

Neste levantamento em particular, anotou-se as coordenadas UTM do ponto de partida com o auxílio do aplicativo próprio pra Android UTM Geo Map adotou-se o sentido anti-horário para percorrer o perímetro da poligonal, e a partir de cada ponto onde se instalara o equipamento, realizaram-se as leituras para os pontos de Vante e de Ré, de cada estação ocupada. Esses dados foram todos anotados na caderneta de campo, e posteriormente inseridos no Excel.

3.2.3. Nivelamento Estadimétrico

Para dá início ao nivelamento, fez-se necessário a preparação da área, tendo, portanto que dividir todo o terreno em seções: 3 linhas e 6 colunas, com distâncias entre linhas de 5 m e entre colunas de 4 m. Em cada intercessão, visava-se a baliza e a mira, respectivamente, de modo a anotar os dados para os futuros cálculos das cotas e suas posições planimétricas. A representação esquemática pode ser mais bem elucidada através da Figura 12.

Figura 12. Esquematização das seções.



Fonte: Autor (2020)

Para a realização desse nivelamento, procederam-se as seguintes etapas:

- Anotou-se com auxílio do aplicativo GPS as coordenadas UTM da primeira estação ocupada pelo Teodolito;
- Zerou-se o ângulo horizontal com a estação de Ré;

⁵⁰ VEIGA, L. K.; ZANETTI, M. A Z.; FAGGION, P.. **Fundamentos de Topografia**. Apostila. 2007.

- Realizaram-se visadas unilaterais, pelo processo de irradiação, para cada ponto no terreno; anotaram-se os dados lidos com baliza e posteriormente com auxílio da mira;
- Procederam-se com os cálculos das distâncias horizontais e os desníveis de cada ponto em relação à estação ocupada.

A distância horizontal entre a estação e cada ponto visado foi calculada através da equação a seguir.

$$DH = 100.m.\text{sen}^2(\alpha)$$

Em que,

DH – distância horizontal entre a estação ocupada e o ponto visado;

m – diferença entre fio superior e fio inferior, lidos pelos fios estadimétricos.

A medição da diferença de nível, através do nivelamento estadimétrico, assegurou-se nos conceitos da trigonometria. Foi determinada através da leitura do ângulo vertical da direção que unia os pontos e a estação, e da leitura dos fios estadimétricos. O cálculo da diferença de nível leva em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno, e essa mesma altura precisa ser visada na mira colocada sobre o ponto visado.

Para determinação das diferenças de nível entre pontos do terreno (DN), utilizou-se a seguinte equação.

$$DN = (100.m.\text{sen}(2\alpha)) \div 2$$

Em que,

DN – diferença de nível;

m – diferença entre fio superior e fio inferior;

α – ângulo zenital obtido com o ângulo vertical do teodolito.

A partir do desnível entre a estação e o ponto visado determinou-se a cota de cada ponto visado, utilizando a equação abaixo.

$$\text{Cota (P)} = \text{Cota (E)} + \text{DN (E-P)}$$

Em que,

Cota (P) – cota do ponto visado (m);

Cota (E) – cota da estação ocupada pelo teodolito (m);

DN(E-P) – Desnível obtido entre cada ponto e a estação (m).

3.2.4. Nivelamento Trigonométrico

Para o início do levantamento trigonométrico, a definição segura e confiável de uma referência é elemento essencial para que os resultados sejam seguros e confiáveis. Para isso, utilizou-se do aplicativo UTM Geo Map, que forneceu as coordenadas UTM do ponto de partida. Esses dados foram inseridos na estação total, e deu-se início ao levantamento.

Com a estação total posicionada na estação E1 do terreno, utilizou-se o processo de irradiação, para realizar as leituras dos pontos a serem levantados, primeiro do contorno e em seguida dos pontos do interior do terreno. Após a realização desse procedimento em campo, os dados foram descarregados em um computador, e em seguida exportados para o “software” Topograph para a análise precisa das informações coletadas. Por fim, os dados foram levados para o AutoCAD Civil 3D para a composição da poligonal, a ser elaborada com todos os pontos levantados em campo.

3.2.5. Cálculo da Área

Para o cálculo da área da poligonal do levantamento realizado com o teodolito, utilizou-se do método analítico de Gauss, apresentado no item 2.3.2.1.

As coordenadas utilizadas para o cálculo foram àquelas calculadas após o levantamento e transladadas para o sistema de referência geodésica UTM, tomando por base a Estação E1 previamente georreferenciada em campo.

Por outro lado, a determinação da área da poligonal através da estação total, consistiu na importação de todas as coordenadas UTM, representadas por pontos, para o “software” Topograph. A partir disso, ligaram-se os pontos que representavam os limites da poligonal estudada. Desta, definiu-se a área.

3.2.6. Cálculo do Volume de Corte e Aterro

3.2.6.1. Usando o teodolito

O cálculo do volume de corte e aterro para o levantamento topográfico realizado com o teodolito foi gerado a partir das ferramentas disponível no “software” AutoCAD Civil 3D. Criaram-se inicialmente curvas de nível, com os pontos importados e obtidos com o levantamento estadimétrico, e estes serviram para representar a superfície do terreno. Em seguida, foi gerada outra superfície denominada greide para representar a

cota de projeto escolhida para a análise comparativa. Por fim, utilizou-se do comando “volumes” para gerar o relatório com os volumes de corte e aterro, em metros cúbicos.

3.2.6.2. Usando a estação total

A determinação do volume de corte e aterro usando a estação total baseou-se na utilização do “software” Topograph. Para isso, foram geradas seções transversais no sentido longitudinal da área estudada, e a partir daí calcularam-se os volumes pelo método das semi-distâncias entre seções, que considera como influência, a metade da distância entre uma seção e outra. Por fim, através do comando cálculo de volume entre seções, encontraram-se os volumes de corte e aterro totais.

3.2.7. Composição de Preço dos Serviços Topográficos

Para compor o preço de cada serviço, realizado com a estação total e o teodolito, foram observados os tempos gastos em cada levantamento topográfico, para todas as variáveis a serem analisadas (equipamentos, mão de obra, veículo). Em seguida, utilizou-se dos Quadros 2 e 3, apresentados na seção anterior, para a análise detalhada dos custos totais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados encontrados em cada levantamento topográfico, obtidos com Teodolito Eletrônico e Estação Total. Em seguida será realizada a análise comparativa com os resultados obtidos por ambos os instrumentos. Para tanto, foram feitas análises das seguintes variáveis:

- ✓ área da poligonal;
- ✓ volumes de corte e aterro para a cota de projeto;
- ✓ tempo para execução de cada método;
- ✓ condições de viabilidade operacional;
- ✓ custos operacionais dos levantamentos;

4.1. Área de Estudo

A área escolhida para o desenvolvimento do trabalho localizava-se no lado oeste do campus do IFPB Catolé do Rocha, entre os prédios da administração e do bloco de aulas, sendo um lote retangular, possuindo as seguintes dimensões: 10,00m de frente e 20,00m de profundidade, totalizando uma área de 200 m². A Figura 13 mostra a visão aérea do terreno vista de longe, obtida através do “software” Google Earth, com a inserção das coordenadas UTM da estação E1.

Figura 13. Localização da área.



Fonte: Autor (2020)

4.2. Análise dos Resultados do Teodolito

4.2.1. Planilhas do Levantamento Planimétrico com o Teodolito

A planilha eletrônica é resultado do levantamento realizado pelo método de caminhamento, cujos dados podem ser verificados na caderneta de campo, no Anexo B.

Através dos dados apresentados no Quadro 4, observou-se que o levantamento planimétrico com o uso do teodolito apresentou um erro angular de fechamento da poligonal de $00^{\circ}01'17''$ e um erro linear de fechamento de 11,3 cm. A ABNT NBR 13.133 estabelece a tolerância angular e linear, de acordo com a classe do levantamento e o equipamento utilizado na medição.

Como se trata de um levantamento para estudos de viabilidade em projetos de engenharia, com o uso de teodolito classe II, classificou-se o levantamento como classe IVP. As tolerâncias angulares e lineares são de $0^{\circ}1'20''$ e 13,7 cm, respectivamente. Portanto, verifica-se que os erros encontrados no levantamento foram aceitáveis, e puderam ser distribuídos entre os vértices da poligonal.

Ainda do Quadro 4 é possível identificar que o erro relativo encontrado é de 1:530. Esse tipo de erro explica o quão preciso é um levantamento topográfico, uma vez que tem relação entre o erro linear de fechamento e o perímetro ou extensão estudada. Observou-se a partir desse dado que a cada 530 m, o erro linear é de 1 m, o que segundo Tuler (2014), esse erro confere uma baixa precisão e inviabiliza a utilização do equipamento para trabalhos que necessitem de um alto grau de precisão, servindo apenas para estudos expeditos, que não consideram a precisão do levantamento.

Esta imprecisão pode estar relacionada a erros sistemáticos ou pessoais observados durante o levantamento. Efeitos ópticos indesejados puderam ser observados ao mirar a régua estadimétrica, a exemplo da refração da luz nos horários mais quentes que ocasionavam ilusões ópticas na observação dos pontos mais distantes. Para evitar este fenômeno, é recomendável fazer as leituras em horários de temperatura amenas, ou logo no início do dia.

Fernandes (2019) explica que outro fator de inexatidão no levantamento dos pontos pode estar relacionado à verticalidade da régua estadimétrica. Pois os cálculos de distância horizontal condicionam a régua a estar sempre alinhada ao plano vertical da sondagem e isso não pode ser verificado, em virtude de a mesma não possuir nenhum instrumento que pudesse medir inclinações. Como forma de corrigir essa falha em

campo é associar um nível de bolha à régua graduada, de modo que antes de cada leitura, a régua possa estar o mais vertical possível em relação ao plano horizontal.

Quadro 4. Planilha de cálculo de coordenadas planimétricas.

Estação	Ponto visado	Ângulo Horário			Azimute	Dist. Horizontal	Coord. Parciais		Correções		Coord. Parc. Corrigidas		Coordenadas absolutas	
		lido	correção	corrigido			x=D.sen(Az)	y=D.cos(Az)	Cx	Cy	x	y	X	Y
E1	E2	271°02'11"	19,25"	271°02'30,25"	20°45'08"	9,99	3,54	9,342	-0,015	0,0115	3,525	9,3535	637593,866	9298961,006
E2	E3	269°01'17"	19,25"	269°01'36,25"	109°46'44,2"	19,88	18,707	-6,727	-0,0299	0,0229	18,6771	-6,7041	637612,5431	9298954,301
E3	E0	270°07'08"	19,25"	270°07'27,25"	199°54'11,5"	9,999	-3,404	-9,402	-0,015	0,0115	-3,419	-9,3905	637609,1241	9298944,911
E0	E1	269°48'07"	19,25"	269°48'26,2"	289°42'37,7"	19,92	-18,753	6,718	-0,03	0,0229	-18,783	6,7409	637590,341	9298951,652
SOMA		1079°58'43"		1080°00'00"		59,789	ex= 0,09	ey= -0,069	-0,09	0,069	0	0		

EAF	- 0°1'17"	P(graus)	0°0'40"	ETA	0°1'20"	EAF<ET	OK!	EL(m)	0,113	ETL	0,137	EL<ET	OK!	E.rel 1:530
		CLASSE IVP												

Fonte: Autor (2020)

Em que,

EAF – Erro angular de fechamento

P (graus) – Precisão angular da Classe de levantamento IVP

ETA – Erro de tolerância angular

EL – Erro de fechamento linear

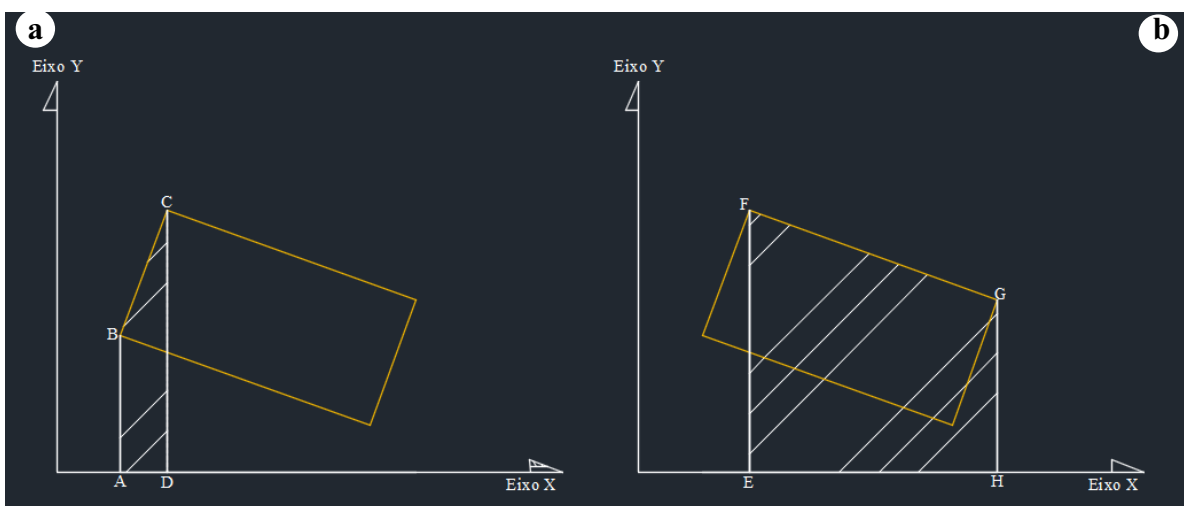
ETL – Erro de tolerância linear

Erel – Erro relativo ao perímetro estudado

4.2.2. Área da poligonal obtida com o Teodolito Eletrônico

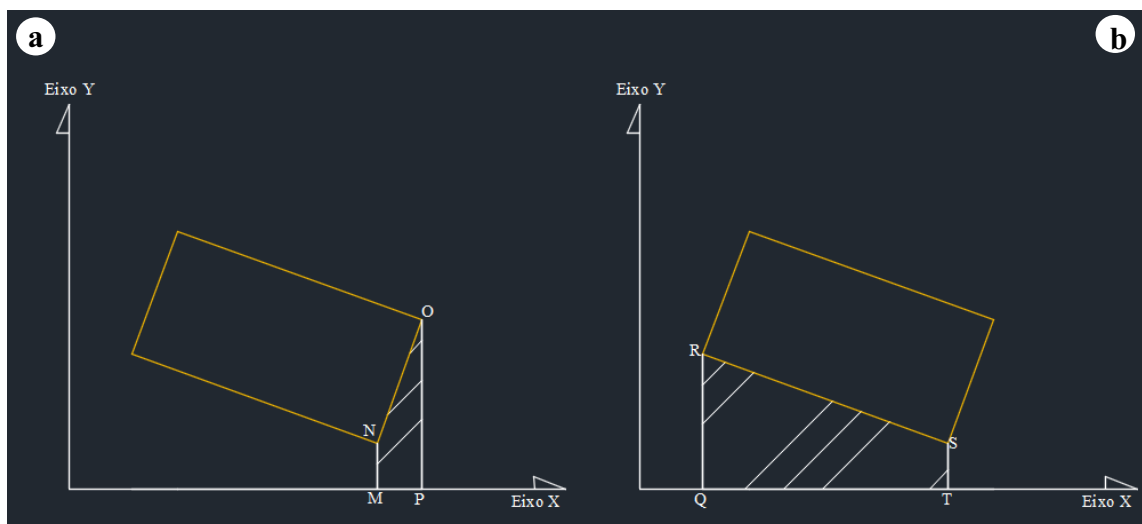
Pelo método analítico de Gauss, inicialmente foram gerados 4 trapézios para a representação de cada fração da poligonal levantada. As figuras 14 e 15 elucidam como ficou a divisão.

Figura 14. Representação dos trapézios positivos: a) E1-E2, b) E2-E3



Fonte: Autor (2020)

Figura 15. Representação dos trapézios negativos: a) E3-E0, b) E0-E1.



Fonte: Autor (2020)

Analisando as Figuras 14 e 15 é possível perceber e comprovar de maneira gráfica o método analítico de Gauss. As áreas consideradas positivas foram aquelas representadas pelos polígonos da Figura 14, ou seja, os que efetivamente possuíam alguma parcela de sua área no interior da poligonal levantada. Por outro lado, nota-se que os trapézios gerados e representados na Figura 15 não possuem nenhuma fração de

sua área dentro da poligonal e, portanto, são áreas que precisam ser subtraídas para a determinação da área final.

A Tabela 4 apresenta as áreas encontradas de cada trapézio e a área total da poligonal obtida, através do método de Gauss.

Tabela 4. Área da poligonal obtida com o método de Gauss.

Polígono	Área positiva (m²)	Área negativa (m²)
ABCD	32778821,06	
EFGH	173677561,99	
MNOP		31793108,70
QRST		174663075,47
Área total (m²)		198,8794
Perímetro (m)		59,7893

Fonte: Autor (2020)

Para efeito comparativo, utilizou-se dos valores da área e perímetro da poligonal estudada. Como dito anteriormente, o lote estudado possuía uma área retangular de 200,00 m² e um perímetro de 60,00 m.

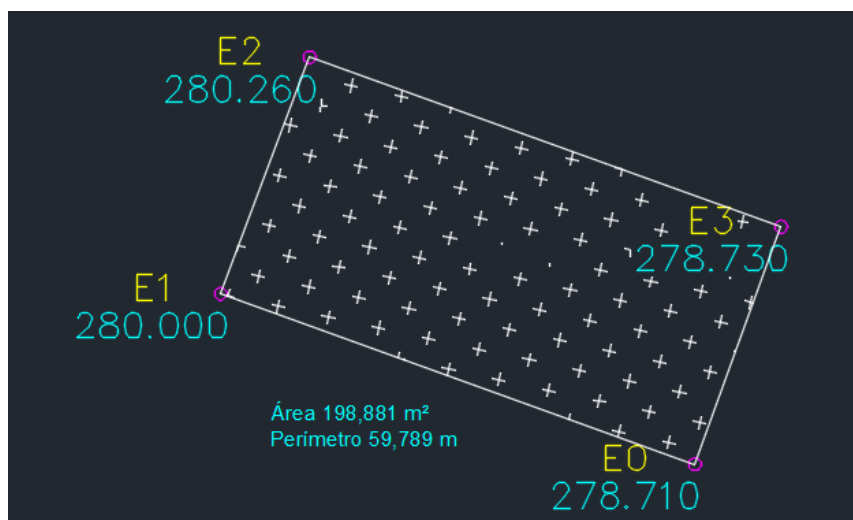
Comparando os resultados obtidos pelo método de Gauss, mostrados na Tabela 4, com os dados da poligonal definida estudada (Tabela 5), observou-se que o teodolito apresentou uma discrepância de aproximadamente 1,12 m² para a área do lote, que em termos percentuais representa 0,56% de erro absoluto. Do perímetro, notou-se que o mesmo sofreu uma redução de 211 cm (0,35%) quando calculado através do método analítico de Gauss.

A redução nos valores da área e do perímetro, concomitantemente, pode ser interpretada, atentando-se ao fato que, durante o levantamento, o posicionamento da baliza durante a leitura, de alguns dos vértices, podem não ter sido totalmente na vertical, incorrendo na redução da abertura angular e conseqüentemente nos valores da área e perímetro. Outro fator que pode explicar a diferença é que, o equipamento não havia passado por nenhuma espécie de retificação ou calibração, possibilitando uma menor precisão aos levantamentos, mesmo sabendo que o equipamento usado é da classe de média precisão, conforme a ABNT NBR 13.133.

A experiência de campo de quem realiza o levantamento também tem influência direta na qualidade dos dados levantados. Considerando que ambos os membros não possuíam experiência profissional usando o equipamento, depreende-se que os erros encontrados podem ter surgido a partir disso.

O resultado do levantamento topográfico realizado através do uso do teodolito é mostrado na Figura 16, onde se percebe a orientação do desenho gerado assim como as informações pertinentes a poligonal estudada.

Figura 16. Poligonal do levantamento planimétrico por caminhamento.

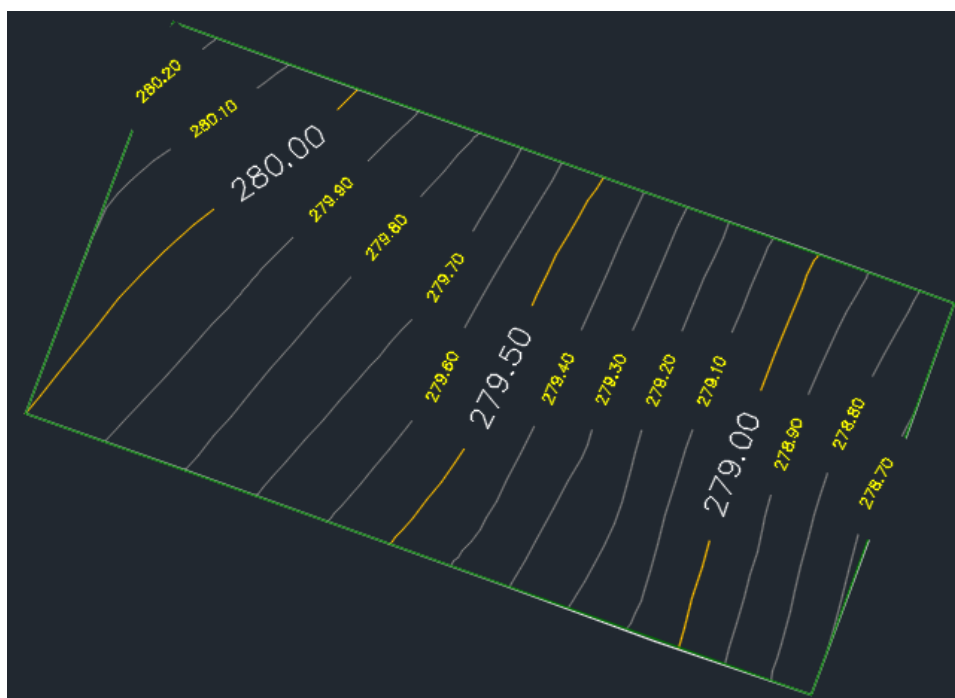


Fonte: Autor (2020)

4.2.3. Volume de Corte e Aterro

O cálculo do volume de corte e aterro se deu a partir da interceptação de uma cota de projeto definida (279,5) com a superfície do terreno gerada pelas curvas de nível, utilizando-se para isso o “software” AutoCAD Civil 3D, conforme apresenta a Figura 17.

Figura 17. Curvas de nível representantes da superfície da poligonal obtida no AutoCAD Civil 3D.



Fonte: Autor (2020)

O comportamento das curvas de nível expressa diretamente como é a conformação do relevo da área em estudo. Analisando a Figura 17, verifica-se uma poligonal com relevo acidentado, constatado por uma maior aproximação entre as curvas de nível. Apresenta ainda uma diferença de nível máxima de 1,5 m, onde o maior ponto se encontra na Cota 280,20 e o menor ponto posicionado mais a direita da figura, possuindo uma cota de 278,70. O fato de o terreno apresentar inclinação em uma única direção e sabendo-se que esta inclinação acontece no sentido longitudinal da poligonal, infere-se que a declividade do terreno é de aproximadamente 7,5%. Nesse caso, a superfície em estudo tornou-se bem representável ao cálculo dos volumes de corte e aterro.

A Tabela 5 abaixo apresenta os resultados encontrados para os volumes de corte e aterro, obtidos com o “software” AutoCAD Civil 3D, para a cota de projeto escolhida.

Tabela 5. Volume de corte e aterro obtido com o AutoCAD Civil 3D

COTA DE PROJETO (m)	CORTE (m³)	ATERRO (m³)
279.5	34,4	38.22

Fonte: Autor (2020)

Analisando a Tabela 5, constatou-se que para cota de projeto escolhida (279,5), o terreno apresentou um volume de corte menor que o volume de aterro, com diferença de 3,82 m³. Isso permite inferir que além de compensar o volume de corte e utilizá-lo como aterro, ainda seriam necessários transportar uma grande quantidade de material não expansivo para se obter o nivelamento completo do terreno. O valor real do volume de material não expansivo a ser transportado, só se é possível a partir de análises feitas com o próprio solo, onde será considerado o fator de empolamento.

4.2.4. Custos com o serviço de levantamento

O Quadro 5 apresenta o preço final obtido para o levantamento topográfico realizado com o uso do teodolito, que considerou para isso os equipamentos e acessórios, equipe de campo e de escritório (mão de obra) e os encargos sociais, cotados com base no mercado local.

Quadro 5. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com teodolito.

COMPOSIÇÃO DE PREÇOS				
Descrição Serviço		Leis Sociais 115,86%		Data-base Out/20
Equipe de Topografia - Serviço de levantamento Planialtimétrico Cadastral, com cálculos e desenho da planta topográfica.				
A- EQUIPAMENTOS				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Teodolito eletrônico, precisão angular de 5 a 7 segundos, inclusive tripé	h	1,5	R\$ 2,27	R\$ 3,405
Veículo Leve, a gasolina, com capacidade para 4 pessoas.	h	0,5	R\$ 10,86	R\$ 5,430
Custo horário total dos equipamentos				
B - MÃO DE OBRA				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Topógrafo com encargos complementares	h	9,5	R\$ 28,53	R\$ 271,035
Auxiliar de topógrafo com encargos complementares	h	1,5	R\$ 11,63	R\$ 17,445
Desenhista detalhista com encargos complementares	h	6	R\$ 34,87	R\$ 209,220
Custo horário total da mão de obra				R\$ 497,70
Encargos Sociais 115,81%				R\$ 576,386
Custo total mão de obra				R\$ 1074,086
C- VALOR TOTAL DO SERVIÇO				R\$ 1082,921

Fonte: Adaptado de SINAPI (2020)

Do Quadro 5, pode-se inferir que no levantamento topográfico com o uso do teodolito, o valor final do serviço foi de aproximadamente R\$ 1082,291, sendo que este valor representa a soma dos custos unitários dos equipamentos utilizados no levantamento com o custo da mão de obra acrescida dos encargos sociais. O custo dos equipamentos, quando somados o teodolito e o veículo, foi de apenas R\$ 13,13. O pequeno valor pode ser explicado pelo fato de que o teodolito apresenta um custo unitário de apenas R\$ 2,27 para cada unidade de hora trabalhada. Em termos percentuais, esse custo representa 1,06% do custo total do serviço.

Por outro lado, os custos relacionados à mão de obra totalizaram R\$ 1074,086, considerando os tempos gastos em campo, com o levantamento propriamente dito, e com o processamento dos resultados. Ressalta-se ainda que o custo de mão de obra representa 99,18% do custo total do serviço quando considerado a adição dos encargos sociais evidenciando sua forte influência no valor final do serviço, pouco pesando o custo do aluguel do teodolito e a diária do veículo.

4.3. Análise dos resultados da estação total

4.3.1. Relatório de Erros do Levantamento Trigonométrico

O Quadro 6 apresenta os dados relativos à poligonal estudada, onde expressam os resultados encontrados com o “software” Topograph. Interessante frisar que a poligonal se encontra na classe de levantamento IIIN Trig. que para essa classificação, considera a estação total classe II (média precisão) e uma área menor que 5 km de extensão.

Quadro 6. Relatório dos erros da poligonal levantada obtidas com o Topograph.

Dados do fechamento da poligonal		
	Erros	Tolerâncias
Angular	0° 00' 17"	0°01'40" (=0°00'50" x N ^{1/2})
Relativo	1:1002	1:1000
Linear	0,0502m	
Eixo Norte	0,0471m	
Eixo Este	0,0172m	

Fonte: Autor (2020)

Analisando o Quadro 6 pode-se verificar que no levantamento topográfico realizado pelo método trigonométrico, a estação total apresentou um erro de fechamento

angular bastante inferior à tolerância aceitável. Quando isso não acontece, é necessária a realização de novas medições em campo e o consequente descarte do levantamento anterior.

Salienta-se ainda que o levantamento apresentou um erro relativo de 1:1002, mostrando-se inferior ao erro linear relativo máximo admissível para este levantamento que é de 1:1000. O significado disto é que, em uma poligonal com 1000 m de extensão, o erro máximo aceitável é de 1 m. Sabe-se ainda que este tipo de erro tem relação direta com o erro linear que apresentou um valor de 5,02 cm, levando-se a crê que esse desvio também se encontra dentro da tolerância aceitável por norma para a classe do levantamento.

4.3.2. Área da poligonal obtida com a estação total

A Tabela 6 a seguir, apresenta os dados de área e perímetro de referência e os resultados obtidos com o levantamento topográfico realizado com o uso da estação total e processados com o “software” Topograph.

Tabela 6. Área e perímetro de referência e obtidos com o Topograph.

ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)
203,8757	60,5396

Fonte: Autor (2020)

Analisando a Tabela 6, verificou-se que a área obtida com a estação total apresentou uma superestimação em relação à área de referência da poligonal, de aproximadamente 3,9 m². Em termos percentuais, o terreno sofreu um aumento para o valor de sua área de 1,94%. Do perímetro, verificou-se uma discrepância próxima de 54 cm (0,9%). Algumas explicações possíveis para que a estação tenha apresentado tal divergência, está no fato de o equipamento requerer mão de obra especializada para lidar tanto com a parte de campo como manipulação dos softwares.

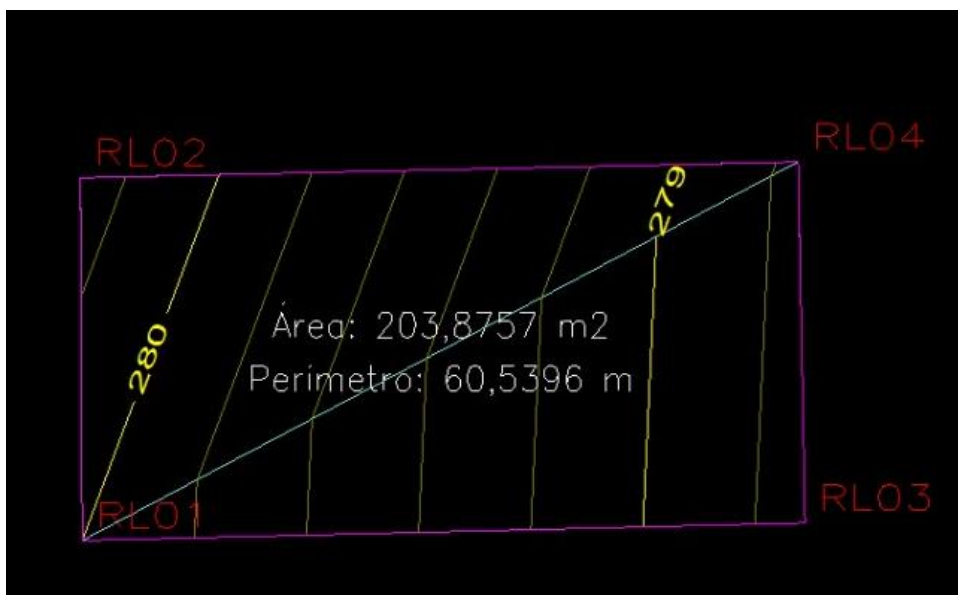
No campo se faz necessário ter conhecimento das ferramentas da estação utilizada, visto que cada marca apresenta suas particularidades. E no escritório é imprescindível a utilização de software adequado para o processamento dos dados, visto que cada software é compatível com um tipo de estação, e a não observância desse fator, possibilita o processamento errôneo dos resultados.

Possivelmente, durante o levantamento, não se percebeu que estava acionado a opção “leitura sem prisma”, o que pode ter ocasionado uma leitura de pontos distintos dos vértices da poligonal, mas com as descrições destes, contribuindo dessa maneira para o aumento da área e conseqüentemente do perímetro. Ou ainda, as leituras podem ter sido efetuadas com o prisma “fora de posição”, ou seja, as leituras provavelmente tenham sido realizadas com os prismas não posicionados sobre os vértices limites do terreno, visto que havia apenas pinos demarcando o limite da poligonal e assim, corroborando para os erros encontrados.

Outro fator preponderante para que tenha havido discrepância no valor da área da poligonal deve-se ao fato de que o equipamento não havia passado por nenhuma espécie de calibração ou retificação desde sua compra, o que influencia fortemente na precisão dos levantamentos, e pode explicar novamente tal discrepância com a área de referência.

A Figura 18 representa a poligonal obtida no “software” Topograph, com os dados coletados em campo com a estação total, podendo-se analisar a partir daí, os valores para a área e perímetro, calculados automaticamente no próprio software, além de constar a representação das curvas de nível (metro em metro).

Figura 18. Representação da poligonal obtida com o software Topograph.



Fonte: Autor (2020)

4.3.3. Volume de Corte e Aterro

A Tabela 7 a seguir apresenta os resultados encontrados para os volumes de corte e aterro, obtidos com o “software” Topograph para a cota de projeto escolhida.

Tabela 7. Volume de corte e aterro obtido com o Topograph.

COTA DE PROJETO (m)	CORTE (m³)	ATERRO (m³)
279.5	33,276	43,206

Fonte: Autor (2020)

Analisando a Tabela 7, constatou-se que para cota de projeto escolhida (279,5), o terreno apresentou um volume de corte menor que o volume de aterro, com diferença de 9,93 m³. Atendo-se ao fato de que houve um volume de aterro maior que o volume de corte, infere-se que poderia ser utilizado todo o volume de corte para compensar o volume de aterro, mas ainda assim seriam necessários grande volume de material não expansivo para ser utilizado como aterro para o perfeito nivelamento do terreno. O valor real do volume de solo só se é possível determinar conhecendo o fator de empolamento do solo.

4.3.4. Custos com o Serviço de Levantamento

O Quadro 7 apresenta o preço final obtido para o levantamento topográfico realizado com o uso da estação total, que considerou para isso os equipamentos e acessórios, equipe de campo e de escritório (mão de obra) e os encargos sociais.

Quadro 7. Composição de preço de um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico executado com estação total.

COMPOSIÇÃO DE PREÇOS				
Descrição Serviço		Leis Sociais		Data-base
		115,81%		Out/20
Equipe de Topografia - Serviço de levantamento Planialtimétrico Cadastral, com cálculos e desenho da planta topográfica.				
A - EQUIPAMENTOS				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Estação total eletrônica com precisão angular de 2", linear de 2 mm e alcance com 1 prisma de 3.000 m	h	0,5	R\$ 7,23	R\$3,615
Veículo Leve, a gasolina, com capacidade para 4 pessoas.	h	0,5	R\$ 10,86	R\$ 5,43

Custo horário total dos equipamentos				
B - MÃO DE OBRA				
Descrição Equipamento	Unid.	Quant.	Custo unitário	Custo total
Topógrafo com encargos complementares	h	0,5	R\$ 28,53	R\$ 9,955
Auxiliar de topógrafo com encargos complementares	h	0,5	R\$ 11,63	R\$ 5,815
Desenhista detalhista com encargos complementares	h	2	R\$ 34,87	R\$ 69,740
Custo horário total da mão de obra				R\$ 85,550
Encargos Sociais 115,81%				R\$ 99,075
Custo total mão de obra				R\$ 184,625
C- VALOR TOTAL DO SERVIÇO				R\$ 193,670

Fonte: Adaptado de SINAPI (2020)

Analisando o Quadro 7, verificou-se a forte influência da mão de obra na composição do preço final do serviço de levantamento. O valor de R\$ 184,625, que diz respeito ao custo efetivo da mão de obra acrescida dos encargos sociais, representam 95,33% do custo total, pouco pesando os equipamentos que apresentaram um custo de R\$ 9,05 (4,67%).

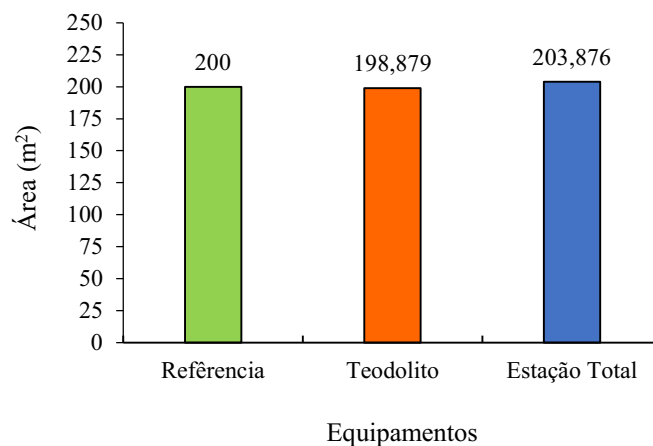
Observou-se ainda que foram consumidos no total apenas 2,5 horas para a realização de todo o levantamento, processamento dos dados e desenho da poligonal, expressando uma das grandes vantagens de se utilizar estação total em levantamentos topográficos planialtimétricos.

4.4. Análise comparativa dos resultados entre teodolito e estação total

4.4.1. Área da Poligonal

A Figura 19 apresenta graficamente os resultados obtidos para a área da poligonal levantada, por ambos os equipamentos, em comparação com a área de referência, previamente definida.

Figura 19. Diferenças na área da poligonal.



Fonte: Autor (2020)

Da Figura 19, observou-se que os equipamentos apresentaram entre si uma discrepância de aproximadamente 5 m², que em termos percentuais representam 2,5%. Além disso, notou-se que, comparando ambos os instrumentos com a área da poligonal de referência, o teodolito se mostrou o equipamento mais adequado na representação da área estudada, uma vez que a diferença deste com a área de referência foram de apenas 0,56%. A estação total condicionou a uma superestimação de 1,94% relativa à área de referência, tornando-se, portanto, o instrumento com menor adequação para a representação da poligonal, visto sua maior imprecisão.

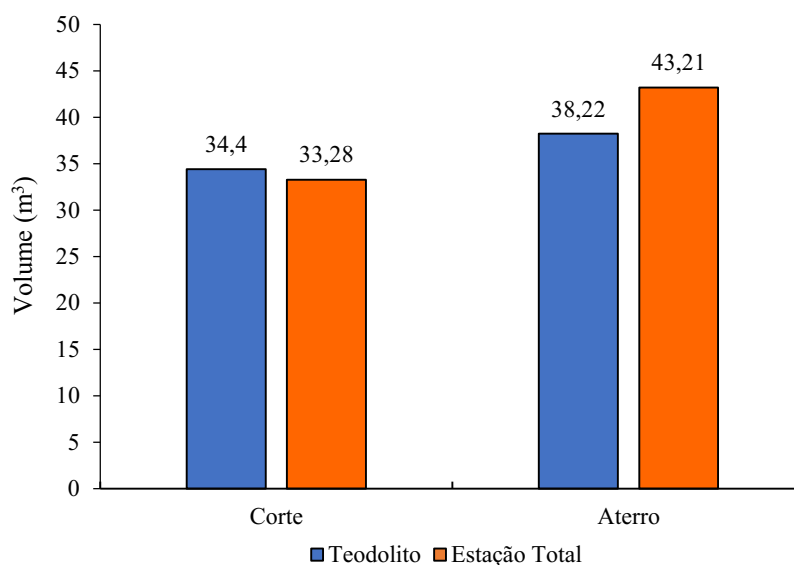
Salienta-se ainda que, embora a estação total tenha se apresentado como o equipamento de maior imprecisão nesse levantamento realizado para a presente pesquisa, não significa dizer que o teodolito é sempre o equipamento mais adequado para este tipo de poligonal estudada ou para esta finalidade. Diversos fatores podem ter contribuído para tais resultados: maior familiaridade com o instrumento, métodos utilizados para os levantamentos, conhecimento das ferramentas dos equipamentos, conhecimento dos softwares usados na pesquisa, dentre outros.

Ressalta-se também que a operacionalidade dos equipamentos está estreitamente interligada com sua maior ou menor utilização em campo, bem como das suas revisões periódicas, em termos de calibração e retificação. Ambos os instrumentos não sofreram nenhuma retificação após a aquisição dos mesmos pelo Instituto Federal, o que também pode explicar tais divergências com a área de referência.

4.4.2. Volume de Corte e Aterro

Na Figura 20 abaixo estão representados, graficamente, os volumes de corte e de aterro obtidos em ambos os levantamentos.

Figura 20. Volumes de corte e aterro obtidos nos levantamentos com Teodolito e Estação Total.



Fonte: Autor (2020)

Analisando a Figura 20, observou-se que o volume de corte obtido com o teodolito foi superior ao da estação total em 1,12 m³, enquanto que, para os volumes de aterro essa ordem se inverteu e a estação total apresentou-se superior em aproximadamente 5 m³. Ainda percebeu-se que em ambos os instrumentos o volume de aterro superou o volume de corte.

A grande diferença encontrada para o volume de aterro, quando comparado os resultados encontrados por cada equipamento, pode ser explicada pela maior ou menor representação altimétrica da poligonal que se traduz na quantidade de pontos de apoio topográficos utilizados na confecção das curvas de nível. Quanto maior for o número de pontos coletados em um levantamento, maior a representação altimétrica da área analisada. Na Figura 12 do item 3.2.3, observou-se que o número de pontos coletados com o teodolito foi de apenas 18, enquanto que para a estação foram usados aproximadamente 30 pontos devido à praticidade e facilidade que o equipamento e método utilizado, respectivamente, oferecem.

Salienta-se ainda que na comparação da área obtida com a estação total e a área de referência, observou-se uma superestimação para essa variável de aproximadamente 4 m², o que pode ter contribuído consideravelmente às diferenças de volumes encontradas para os equipamentos analisados.

4.4.3. Custos dos Serviços Topográficos

4.4.3.1. Condições de Viabilidade Operacional

Partindo do princípio de que se dispõe de todos os equipamentos e acessórios para a execução de ambos os levantamentos, a viabilidade operacional está diretamente relacionada ao quanto o corpo técnico está preparado ou capacitado e o número efetivo de participantes em cada método.

O corpo técnico em ambos os levantamentos é o mesmo. Ressalta-se apenas que em levantamento topográfico utilizando o teodolito como instrumento principal, faz-se necessário de um corpo técnico maior. Acredita-se que, a depender a extensão da área, são necessários no mínimo 3 membros, pois um deles torna-se responsável pela anotação de todos os dados obtidos em campo. Isso permite que o levantamento seja confiável e apresente coerência nos resultados.

4.4.3.2. Tempo Para Execução de Cada Método

O tempo dispendido em cada método não levou em consideração as condições meteorológicas (chuva/tempo), que influenciam diretamente em ambos os métodos, contudo, impacta com maior intensidade no levantamento realizado com o teodolito, uma vez que o método empregado e a necessidade de se anotar todos os dados em uma caderneta de campo. Na Tabela 8 é evidenciado o tempo médio gasto na execução de cada um dos levantamentos.

Tabela. Tempo médio para execução de cada método.

Tipo de levantamento	Atividade de campo (horas)	Atividade de processamento de dados (horas)	Edição e geração do produto	Tempo Total
Convencional com Teodolito	1,5 h	8 h	6 h	15,5 h
Convencional com Estação Total	0,5 h	1 h	1 h	2,5 h

Fonte. Autor (2020)

Oriundo da análise dos dados da Tabela 8 cabe ressaltar que, no levantamento realizado com o uso do teodolito, o tempo gasto à realização da atividade de campo pode sofrer alteração significativa caso a equipe não tenha experiência de campo, o mesmo fator embora também se aplique à utilização da estação total, acontece de maneira menos intensa, uma vez que apresenta um procedimento de campo mais simples e que necessita, a rigor, de apenas um técnico e um auxiliar para a realização do levantamento.

Salienta-se também que no tempo computado para o levantamento com o teodolito, a maior demora se deu no processamento dos dados (8:00 h), por necessitar de maior rigor e cuidado com os cálculos, que são feitos manualmente, enquanto que com o uso da estação o processamento se deu num tempo bem inferior (1:00 h).

Constatou-se ainda que o tempo de processamento tem relação direta com a forma de obtenção dos dados. O levantamento utilizando a estação total depende quase que exclusivamente da capacidade operacional do software utilizado, por outro lado o teodolito depende da experiência de quem realiza os cálculos e da capacidade em executá-los com maior rapidez.

4.4.3.3. Composição do custo final

A Tabela 9 traz um resumo dos custos totais obtidos para os serviços realizados com o teodolito e a estação total, assim como também apresenta de maneira detalhada os custos relativos ao aluguel dos equipamentos e à mão de obra utilizada.

Tabela 8. Comparação do preço final dos serviços de levantamentos.

Composição do preço final dos serviços de levantamento topográfico (R\$)			
	Mão de obra + Encargos Sociais	Equipamentos	Total
Teodolito	1074,086	8,83	1082,921
Estação Total	184,625	9,04	193,670

Fonte. Autor (2020)

Oriundo da análise realizada da Tabela 9 percebeu-se que o custo final do serviço de levantamento topográfico planialtimétrico, realizado com o uso do teodolito, apresentou uma superestimação de aproximadamente R\$ 660,00 mais oneroso em relação à estação total. Em termos percentuais, a superestimação equivale a quase

400%, ou seja, evidencia o quanto o serviço feito com o teodolito se torna oneroso, mesmo sabendo que o custo horário do aluguel desse equipamento é três vezes menor ao de uma estação.

A diferença exorbitante no preço final explica-se no sentido de que o teodolito, por se tratar um equipamento que emprega métodos e processos manuais na aquisição dos dados, consome um tempo relativamente maior, comparado ao levantamento da mesma área realizado com uso da estação total, que apresenta processo mais dinâmico e automatizado.

Ressalta-se, porém, que os custos do levantamento feito com uso do teodolito podem sofrer uma redução, caso a equipe designada a realizar o serviço tenha maior experiência e o corpo técnico contenha o mínimo exigível para este tipo de levantamento, pois como se sabe, na presente pesquisa compreendiam-se apenas dois integrantes para a realização do serviço, além de que, ambos não possuíam experiência profissional, afetando diretamente no tempo final de execução e conseqüentemente no preço final do serviço.

Salienta-se ainda que, a discrepância encontrada na análise comparativa do custo final, apresentado na referida tabela, está diretamente relacionada com o tempo gasto na execução de cada levantamento. No serviço realizado com a estação total, foram consumidos 30 minutos para a execução do levantamento propriamente dito e duas horas para a composição do produto final, enquanto que no serviço feito com o uso do teodolito, foram consumidas uma hora e meia e quatorze horas, para as mesmas atividades, respectivamente (Tabela 8).

Nota-se também que para ambos os tipos de levantamento, os valores do custo horário de mão de obra permanecem constantes, assim como os custos horários dos equipamentos, exceto os instrumentos usados na medição, onde a estação total apresenta um valor de R\$ 7,23 e o teodolito de R\$ 2,27, sendo esta a diferença básica entre o custo horário de cada serviço. Infere-se a partir disso que embora a estação total anuncie um custo horário três vezes maior que o teodolito, ainda assim consegue se sobressair, por dispor de um tempo muito menor para a realização do mesmo serviço, o que acaba por influenciar no custo final.

Salienta-se também que, embora os salários dos topógrafos variem de acordo com o equipamento por eles empregado no processo de medição, nas tabelas de composição, principalmente do SINAPI, não são apresentadas as diferenças entre os custos horários. Assim, os custos para a mão de obra de um topógrafo operando estação

total e outro operando teodolito são os mesmos. Vale o mesmo para os auxiliares e desenhistas.

Salienta-se também que, embora os salários dos topógrafos variem de acordo com o equipamento por eles empregado no processo de medição, nas tabelas de composição, principalmente do SINAPI, não são apresentadas as diferenças entre os custos horários. Assim, os custos para a mão de obra de um topógrafo operando estação total e outro operando teodolito são os mesmos. Vale o mesmo para os auxiliares e desenhistas.

Com isso, podemos concluir que, ao se considerar o fator “menor custo” para escolher o melhor instrumento à realização do levantamento topográfico da área, a estação total apresenta a melhor opção, além de que, o uso do teodolito se torna inviável, pois os custos tendem a ser ainda maiores, à medida que a extensão ou área a ser medida se amplie.

5. CONCLUSÕES

Nesta seção serão elencadas as conclusões obtidas a partir das análises dos resultados da presente pesquisa, quando comparado o levantamento topográfico realizado por teodolito e estação total.

O uso do teodolito apresentou-se como viável quando se deseja calcular a área de uma poligonal pelo método convencional de caminhamento.

A estação total apresentou-se como o equipamento que ofereceu maior erro no cálculo da área, mas mais viável técnica e economicamente na execução do serviço de levantamento planialtimétrico, ao considerar o tempo de execução e o custo do serviço.

O uso do teodolito para execução de levantamento altimétrico, com fins de terraplenagem apresentou certa desvantagem quando comparado com a estação total para o serviço considerado neste trabalho, por necessitar de inúmeros pontos para se obter maior representatividade do relevo do terreno, o que acaba por influenciar no tempo de execução do serviço e conseqüente no preço final. Porém, isso não o torna inviável para o trabalho proposto.

Para a poligonal estudada, a estação total se torna o equipamento mais adequado à realização de levantamentos planialtimétricos, muito embora tenha apresentado tal discrepância para o valor da área. Erros assim são facilmente corrigíveis com outras medições, e verificando as fontes de erro, permite-se maior controle dos mesmos e inclusive reduzi-los.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a realização de futuros trabalhos, sugere-se:

- Realizar análise comparativa entre o teodolito, estação total e Global Navigation Satellite System (GNSS), voltado para a avaliação da precisão e eficácia no nivelamento de terrenos, para fins de terraplenagem;
- Comparar, analiticamente, o custo da aquisição e de execução para serviços de levantamentos planimétricos com fins cadastrais no município, a partir da utilização do teodolito, nível e estação total;

- Utilizar o nível como instrumento de comparação em levantamentos topográficos altimétricos, sob o uso da estação total, gps de navegação e teodolito eletrônico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Norma de Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.
2. AGNOLO, D. D. **Análise comparativa de levantamento topográfico convencional e levantamento com vant**: estudo de caso de um terreno urbano. 2019. 82 p. Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário – Católica De Santa Catarina, Joinville, SC, 2019.
3. BRANDALIZE, M.C.B. Topografia. **Apostila Didática**, Pontífice Universidade Católica do Paraná, Curitiba, p 166, 2008.
4. COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. 2003. 128 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.
5. COELHO, J. M. J; CARTAXO, F. R.N; ANDRADE, J. S.C.O.. **Topografia geral**. Recife/PE, EDUFRPE, 2014. 162 p.
6. DANTAS, W. C. **Avaliação de metodologias de levantamentos planialtimétricos para trabalhos de terraplenagem**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2013.
7. DIAS, A. L.; SARAIVA, A. G. S.; GADELHA, A. G.; SOUZA, R. F.; GUIMARÃES, C. L. Utilização de estação total para a execução de levantamentos altimétricos compatíveis com a classe IIN da NBR 13133. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010. Recife, p.1-6. **Anais...**
8. DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos**: Uma Metodologia de Orçamentação para Obras Civis. 6. ed. Rio de Janeiro: Hoffmann, 2006. 215 p
9. ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Rio de Janeiro: Globo, 1994.
10. FELIPE, A. L. S. **Topografia convencional na aferição de áreas obtidas por georreferenciamento e Google Earth**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Botucatu, SP, 2015.
11. FERRAZ, R. S. **Levantamento topográfico do parque arqueológico são miguel arcanjo por varredura a laser terrestre**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

12. GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Celeste**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1991.
13. GONÇALVES, J. A. **Topografia: Conceitos e Aplicações** - 3ª Ed. Lidel-Zamboni. Lisboa. 2012.
14. LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea: Planimetria**. 2ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000. 321p.
15. MARTINS, A. B. T. **Orçamento e programação de uma edificação residencial multifamiliar**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.
16. MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.
17. MOREIRA, A. S. B. **Nivelamento trigonométrico e nivelamento geométrico classe IIN da NBR 13.133: Limites e condições de compatibilidade**. 2003, 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.
18. PAIVA, F. H. **Levantamento Planimétrico utilizando diferentes equipamentos topográficos**. 2012. 39 p. Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, 2012.
19. PASTANA, C. E. T. **TOPOGRAFIA I E II: Anotações de aula**. São Paulo. UNIMAR. 2010. Disponível em: <<http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/estudo-comparativo-de-gnss-e-estacao-total-no-levantamento-topografico.pdf>>. Acesso em 29 jul 2020.
20. PINTO, L. **Topografia I**. Apostila. Erechin, RS, 2014.
21. RODRIGUES, D. A. **Evolução dos equipamentos topográficos aliados a qualidade na construção civil**. 2003. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.
22. SANTANA, C. **Equipamentos topográficos: evolução tecnológica**. Relatório da disciplina de Topografia. São Paulo, SP, 2017. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-do-anhembi-morumbi/topografia/outro/equipamentos-topograficos-evolucao-tecnologica/4453507/view>. Acesso em: 13 set. 2020
23. SANTOS, M. R. **Otimização de levantamentos topográficos: o entendimento dos topógrafos da rmc 2018**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia da Construção Civil). Universidade Regional do Cariri. Juazeiro do Norte, CE, 2018.
24. SANTOS, W. J. **A contribuição da topografia e da geodésia no estudo de terrenos inclinados e áreas de risco**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2017.
25. SARDINHA, S. H. A. **Levantamentos Topográficos**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia. Campus São Vicente. Mato Grosso. Maio 2011.
26. SILVA, F. B. **Estudo comparativo de gnss e estação total no levantamento topográfico**. 2017. 36 p. Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em

- Engenharia Civil). Universidade Federal Da Paraíba Departamento De Engenharia Civil, João Pessoa, PB, 2017.
27. SILVA, K; CAMPOS, G; SILVA, R. M.; CIDÁLIA, A; SANTOS, G. A composição de custos na construção civil. 2015. **Pensar Engenharia**, Minas Gerais, v.3, n. 1, 2015
 28. SILVA¹, B. K.; SILVA², J. F.; SILVA³, E. R. A. C.; GREGIO , J. V.; MACHADO , J. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DE INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIALTIMÉTRICOS PARA REGIÕES SEMIÁRIDAS. *In*: SILVA, B.K. **Reflexões sobre o semiárido: obra do encontro do pensamento geográfico**..Pernambuco: Itacaiunas, 2017. cap 17, p. 136-141.
 29. SOUZA, G. C. **Análise de Metodologias no Levantamento de Dados Espaciais para Cadastro Urbano**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2001.
 30. SOUZA, L. A. S. Qual a importância da topografia para a construção civil?. 03 de Dez. 2018. Disponível em: <<http://geoeduc.com/qual-a-importancia-topografia-para-a-construcao-civil>>. Acesso em: 15 set. 2020.
 31. STALLIVIERE, I. C. C.. Topografia Aplicada à Engenharia Civil. **Apostila**. Porto Alegre/RS. 2012.
 32. TISAKA, M. **Orçamento na construção civil**: consultoria, projeto e execução. São Paulo: Editora Pini, 2006.
 33. TULER, M.. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
 34. VEIGA, L. K.; ZANETTI, M. A Z.; FAGGION, P..**Fundamentos de Topografia**. Apostila. 2007.
 35. ZILKHA, E. **Utilização do GeoGebra na construção de instrumentos**: Teodolito. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática). Instituto de Matemática Pura e Aplicada. Rio de Janeiro, RJ, 2014.
 36. FERNANDES, L. E. C. **Levantamento planialtimétrico para fins de paisagismo e irrigação**.2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Gaças, MT, 2019.
 37. ROSIM, S; NAMIKAWA, L. M. Cálculo do Volume de Corte e Aterro usando Modelagem Numérica de Terrenos. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE. P.741-742.

ANEXOS

ANEXO A - Caderneta de campo para o levantamento por irradiação.

Estação	Alt. Instr.	Fio. Sup.	Fio. Inf.	Estadia (m)	Ângulos	
					A. V.	A. H.
E0-E3						00° 00' 00"
E0-LD4	1,50	1,52	1,48	0,04	85° 08' 31"	269° 48' 07"
E0-LD3	1,50	1,54	1,46	0,08	85° 37' 19"	269° 48' 07"
E0-LD2	1,50	1,56	1,44	0,12	85° 50' 33"	269° 48' 07"
E0-LD1	1,50	1,58	1,42	0,16	86° 04' 58"	269° 48' 07"
E0-LB0	1,50	1,6	1,4	0,2	86° 04' 44"	284° 16' 10"
E0-LB1	1,50	1,585	1,415	0,17	85° 55' 49"	287° 02' 07"
E0-LB2	1,50	1,565	1,435	0,13	85° 48' 25"	291° 51' 18"
E0-LB3	1,50	1,545	1,455	0,09	85° 55' 41"	300° 35' 24"
E0-LB4	1,50	1,53	1,47	0,06	87° 04' 46"	319° 01' 16"
E0-LB5	1,50	1,52	1,48	0,04	90° 32' 52"	0° 00' 00"
E0-LE4	1,50	1,55	1,445	0,105	88° 11' 20"	338° 16' 08"
E0-LE3	1,50	1,565	1,435	0,13	86° 55' 54"	321° 36' 02"
E0-LE2	1,50	1,58	1,42	0,16	86° 08' 24"	309° 51' 04"
E0-LE1	1,50	1,595	1,405	0,19	85° 58' 53"	302° 09' 35"

ANEXO B - Caderneta de campo usada no levantamento planimétrico por caminhamento.

CADERNETA DE CAMPO CAMINHAMENTO											
Estação	Alt. Instr. (m)	Fio. Sup.	Fio. Inf.	Estadia(m)	Fio Méd.	ÂNGULOS HORÁRIOS		Azimutes	Coordenadas UTM de E1		
						Vertical	Horizontal		COORD N	COORD E	COORD Z
E1-Nm								00°00'00"	9298951,65	637590,34	280
E1 - E2	1,54	1,59	1,49	0,1	1,54	88° 30' 00"	271° 02' 11"	20°45'08"			
E2 - E3	1,54	1,64	1,44	0,2	1,54	94° 23' 20"	269° 01' 17"				
E3 - E0	1,51	1,56	1,46	0,1	1,51	90° 06' 16"	270° 07' 08"				
E0 - E1	1,50	1,6	1,4	0,2	1,50	86° 16' 53"	269° 48' 07"				