



EFEITO DO NIVELAMENTO DO TEODOLITO SOBRE A PRECISÃO PLANIMÉTRICA

Ana Maria Dos Santos Mota ¹, Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira²

¹ Graduanda do curso de Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – Rio Grande do Norte

² Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - Rio Grande do Norte.

Resumo: O adequado nivelamento dos aparelhos topográficos é fundamental para se obter trabalhos mais precisos. O presente estudo foi desenvolvido para avaliar o efeito de diferentes graus de nivelamento, completamente nivelado, parcialmente desnivelado e completamente desnivelado sobre a precisão de levantamentos planimétricos. O estudo foi desenvolvido no Campus da UFERSA, a partir de uma poligonal principal com três vértices. Foram avaliados três níveis de nivelamento do teodolito (nivelado, desnivelado quanto ao nível circular e completamente desnivelado). Definido o ponto para a instalação da estação obteve-se três alinhamentos nas direções Sudoeste, Sudeste e Nordeste. Em cada direção foram marcadas cinco distâncias teóricas, medidas com uma trena (10, 20, 50, 80 e 100 metros). A partir das leituras na mira topográfica determinou-se as distâncias horizontais entre a estação e cada ponto. Em seguida, foram determinados as áreas e os perímetros de cada poligonal composta por três pontos cada. Tendo-se em comum a mesma estação. Os dados foram avaliados a partir da comparação entre as distâncias horizontais obtidas pelos diferentes graus de nivelamento, e pela variação entre as áreas e perímetros em comparação com os mesmos obtidos com o aparelho nivelado. O uso do aparelho não nivelado corretamente não acarreta graves erros na determinação de distâncias dentro do limite analisado nesse estudo. Para garantir a maior precisão na determinação de áreas e perímetros de poligonais por meio de levantamentos planimétricos, é essencial realizar o nivelamento apropriado do teodolito.

Palavras-chave: Topografia; Precisão; Medição; Poligonais topográficas.

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

1.1 Histórico da Topografia

Pode-se definir a topografia como sendo a ciência que estuda uma área limitada da superfície terrestre, com a finalidade de conhecer sua forma e a posição que a mesma ocupa no espaço geográfico georreferenciado, sem levar em consideração no tratamento dos dados medidos no campo a curvatura da Terra. A palavra topografia significa "Descrição do lugar" [4].

Nos dias atuais, é de suma importância uma precisão nas mensurações topográficas, tornando o nivelamento dos equipamentos um aspecto crucial para obtenção dessas precisões. Assim, temos que o nivelamento do Teodolito, é de suma importância para obtenção de precisão em suas medidas de ângulos e distâncias, segurança nos projetos, e redução de custos.

O reconhecimento e detalhamento do espaço físico são fundamentais para subsidiar ações de planejamento e gestão territorial. Mapeamentos destinados a esse fim utilizam dados do meio físico para definir unidades com características homogêneas na paisagem que tem como finalidade orientar levantamento de solos, apoiar a identificação da vulnerabilidade de ambientes, no mapeamento de riscos geotécnicos, implantação de obras civis, dentre outros fins [2].

A história do teodolito é uma jornada fascinante que se estende por séculos, marcada por inovações, contribuições notáveis e aprimoramentos contínuos. Embora a invenção deste instrumento seja frequentemente atribuída a Ignácio Porro em 1835, suas origens remontam a um passado anterior, com figuras notáveis como Jonathan Sisson desempenhando um papel fundamental [1].

Além disso, é importante ressaltar a relevância histórica do teodolito em diferentes contextos. Ele desempenhou um papel crucial nas explorações do território brasileiro, na demarcação de limites e em eventos científicos marcantes, como a Observação da Passagem de Vênus pelo disco solar em 1882. Este instrumento foi também um elemento de destaque na Exposição Internacional do Centenário da Independência do Brasil, em 1922[1].

1.2 Teodolito

O teodolito é um instrumento muito utilizado na topografia para medição dos ângulos verticais e horizontais com alta precisão. É frequentemente utilizado para levantamentos topográficos e dentro de projetos na engenharia civil. O instrumento é composto por uma luneta que pode girar horizontalmente e verticalmente, sendo possível a melhor medição dos ângulos. A modernização dos instrumentos topográficos, se deu principalmente pelo avanço da tecnologia e da informática. O teodolito é um equipamento que está sujeito a alguns erros relacionados a sua leitura, esses erros podem ser causados tanto por engano na medição, leitura errada nos instrumentos, identificação de alvo, etc., normalmente relacionados com a desatenção do observador ou uma falha no equipamento. Alguns erros estão relacionados ao próprio instrumento, como teodolito descalibrado ou nível do terreno a ser estudado.

Os teodolitos mecânicos e os trânsitos possuíam como acessório básico uma bússola para a medida de ângulos horizontais magnéticos - Azimutes e rumos; nos teodolitos ótico-mecânicos foram utilizadas bússolas e, posteriormente, declinatórias; nos teodolitos eletrônicos os círculos graduados foram substituídos por leitores eletrônicos, utilizando sensores com diodos, sendo os valores medidos e registrados em displays de cristal líquido. Durante aproximadamente 450 anos, a topografia foi dominada pelo teodolito, sendo inicialmente utilizado teodolitos mecânicos. Dentro deste período, a evolução foi acontecendo, gerando mais confiança e precisão nas medidas desejadas. A orientação dos levantamentos topográficos é realizada com o auxílio de uma declinatória [4]. Com o avanço da tecnologia, o teodolito conseguiu adquirir maior e melhor portabilidade, se tornando mais fácil o manuseio e a movimentação do mesmo. Sendo assim, o instrumento também conseguiu adquirir maior alcance e precisão de resultados.

1.3 Principais erros de levantamentos topográficos

Cabe ao observador cercar-se de cuidados para evitar a sua ocorrência ou detectar a sua presença. A repetição de leituras é uma forma de evitar erros grosseiros [3]. Os erros grosseiros são aqueles que acontecem ao longo das medições, algumas vezes por erro de anotação ou até mesmo de observação, por isso é necessário que as medidas sejam retiradas por uma pessoa capacitada.

Outro tipo de erro possível de acontecer durante as medições de uma área com o teodolito são os erros sistemáticos, que podem ser corrigidos através de fórmulas. São aqueles erros cuja magnitude e sinal algébrico podem ser determinados, seguindo leis matemáticas ou físicas. Pelo fato de serem produzidos por causas conhecidas podem ser evitados através de técnicas particulares de observação ou mesmo eliminados mediante a aplicação de fórmulas específicas. São erros que se acumulam ao longo do trabalho [3].

Além de erros grosseiros e sistemáticos, está sujeito de ocorrer os erros acidentais, quando não engloba nenhum dos erros anteriores e geralmente acontecem quando o número de observações é muito elevado. São aqueles que permanecem após os erros anteriores terem sido eliminados. São erros que não seguem nenhum tipo de lei e ora ocorrem num sentido ora noutro, tendendo a se neutralizar quando o número de observações é grande [3].

1.4 Principais fatores de erros de levantamentos topográficos

De acordo com a CPE Tecnologia [5], durante a realização de medições topográficas, os erros podem acontecer devido a três principais fatores:

Fatores naturais: Derivam de variações ambientais e podem ocorrer devido à umidade, pressão atmosférica, retração atmosférica, temperatura e variações da declinação magnética.

Fatores instrumentais: Se relacionam com os equipamentos utilizados. Podem ser consequência de defeitos de fabricação, ociosidade ou falta de calibração. Afinal, são erros facilmente reduzíveis ou elimináveis e necessitam apenas que o profissional adote procedimentos de utilização adequados e mantenha-se atento aos ajustes e às configurações dos equipamentos.

Nesse cenário, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito do nivelamento do teodolito sobre a precisão de levantamentos topográficos planimétricos em três situações de nivelamento.

2.1.1 LOCAL DE ESTUDO

O levantamento de campo foi realizado com um Teodolito Eletrônico da marca FOIF® - Série DT200, e seus acessórios (Mira em alumínio de 4m, modelo TC2-44A; Baliza Rosqueável 2 FOIF; Tripé em alumínio) e uma Trena de Fibra de Vidro (Figura 2).



Figura 2. Instrumentos utilizados no trabalho de campo

2.1.3 PROCEDIMENTOS ADOTADOS

2.3 ETAPAS DO ESTUDO

O estudo foi dividido em quatro etapas:

- 1ª etapa - levantamento topográfico, demarcação e piqueteamento dos pontos;
- 2ª etapa - análise e medição com teodolito nivelado (nível circular, tubular e laser nivelados);
- 3ª etapa - análise e medição com teodolito parcialmente nivelado (nível circular e laser nivelados, nível tubular desnivelado);
- 4ª etapa - análise e medição com teodolito totalmente desnivelado (nível circular, tubular e laser desnivelados).

A área foi dividida em três segmentos de retas, cada uma em um quadrante distinto (Sudoeste, Sudeste e Nordeste), demarcadas a partir de um ponto de partida fixado na Latitude $5^{\circ}12'05''S$ e Longitude $37^{\circ}19'36''O$. em cada segmento de reta foram demarcados seis pontos (Figura 2).

Em cada uma das etapas o levantamento, a coleta dos pontos foi repetida três vezes. Sendo que após uma medição, o teodolito foi desmontado e instalado novamente para a repetição seguinte. Sendo cada etapa realizada em dias diferentes.

Sendo que no primeiro dia foi realizada coleta dos pontos com o teodolito instalado totalmente nivelado. Em um segundo dia os pontos foram coletados com o teodolito parcialmente nivelado, com apenas o nível circular e laser nivelados. Por fim, tais pontos foram coletados com o teodolito totalmente desnivelado.

As análises e coletas de dados foram diferenciadas de acordo com o nivelamento do teodolito, sendo separado um dia para cada fase. Inicialmente sendo feita a coleta de dados com o teodolito na forma correta que deve ser utilizado, totalmente nivelado. Logo após, no terceiro dia de campo, feita a análise e coleta com o teodolito parcialmente nivelado, com apenas o nível circular e laser nivelados. Neste segundo dia, foi observado que o nível circular não ficará desnivelado caso o nível tubular esteja nivelado, foi possível entender que sempre ao nivelar o nível tubular, automaticamente o nível circular seria nivelado também, ou seja, é possível apenas nivelar o circular e desnivelar o tubular. Não sendo possível fazer o contrário. Por fim, na 4ª fase, quarto dia de campo, foi feita a análise com o teodolito totalmente desnivelado, para assim, ser observado e estudado os fatores que implicam as variações.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas visadas em direção sudoeste observou-se pequenas diferença nas distancias horizontais em função da variação do nivelamento. De modo que quando o aparelho foi instalado sem o ajuste do nível circular, obtiveram-se valos de desvios padrões de 0,10 m, 0,26 m, 0,38 m, 0,53 m e 0,25 m, para as distâncias predeterminadas de 10 m, 20 m, 50 m, 80 m e 100 m (Figura 3A).

Já quando o aparelho foi instalado completamente desnivelado, desvios nas distancias horizontais foram de 0,76 m, 0,17 m, 0,66 m, 0,11 e 0,25 m, em relação às distâncias predeterminadas de 10 m, 20 m, 50 m, 80 m e 100 m, respectivamente (Figura 3B).

Nas visadas em direção sudeste também foram verificadas pequenas variações entre distâncias horizontais. Com o teodolito desnivelado apenas no nível circular, o desvio padrão das medidas foram de 0,30 m, 0,21 m, 0,36 m, 0,15 m e 0,22 m, em relação às distâncias predeterminadas de 10 m, 20 m, 50 m, 80 m e 100 m, respectivamente (Figura 3C).

Com o teodolito totalmente desnivelado, o desvio padrão das medidas variaram de 0,15 m, 0,23 m, 0,32 m, 0,13 m e 0,30 m, em relação às distâncias predeterminadas de 10 m, 20 m, 50 m, 80 m e 100 m, respectivamente (Figura 3D).

As distâncias obtidas para a direção nordeste são apresentadas nas Figuras 3E e 3F. Quando a aparelho foi instalado apenas com o nível circular não ajustado (Figura 3E), foram observados os seguintes desvios padrões: 0,21 m (10 metros), 0,26 m (20 metros), 0,15 m (50 metros), 0,80 m (80 metros) e 0,58 m (100 metros). Para as leituras feitas com o aparelho completamente desnivelado (Figura 3F), os desvios padrões foram de 0,19 m, 0,17 m, 0,24 m, 0,14 m e 0,23 m, para as distâncias teóricas de 10 m, 20 m, 50 m, 80 m e 100 m, respectivamente.

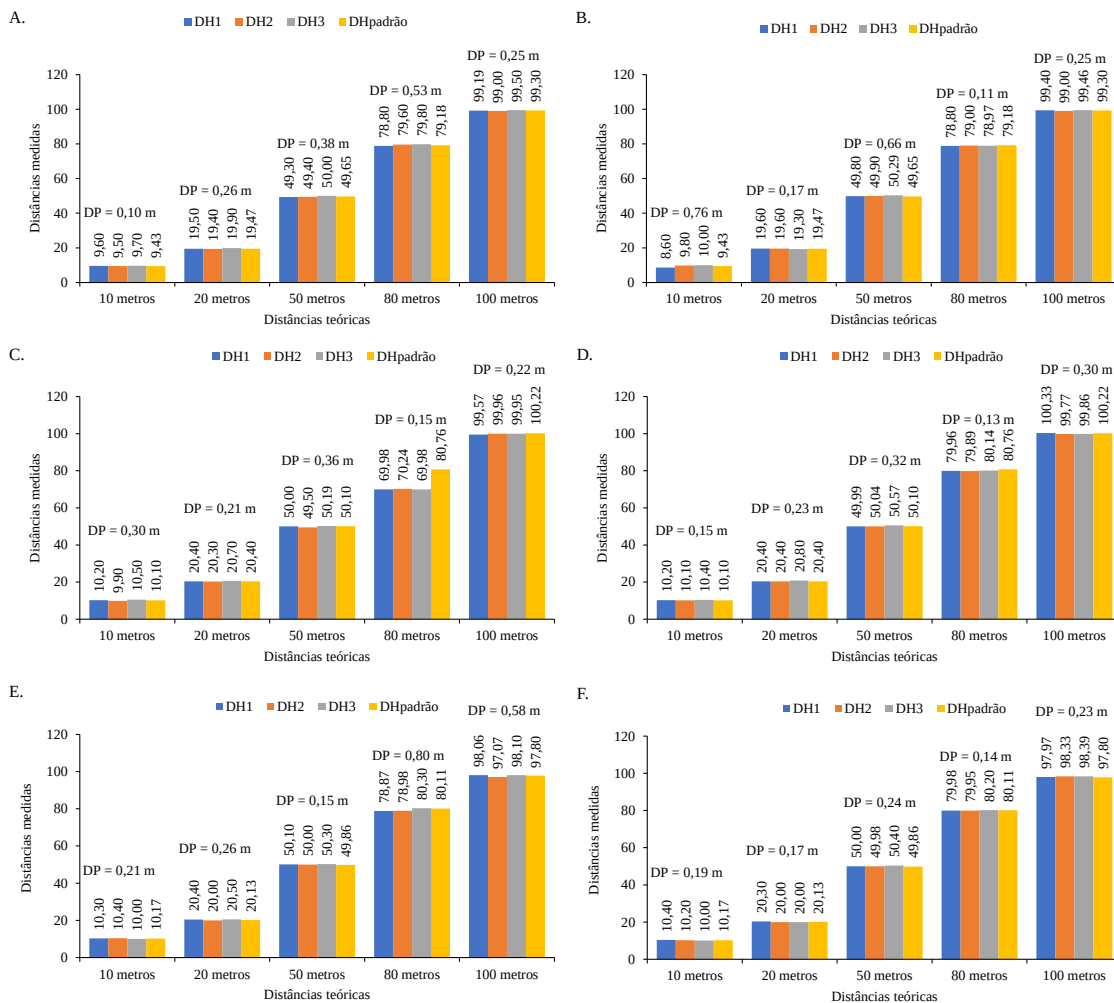


Figura 3. Valores de diferentes distâncias horizontais (DH) e desvio padrão (DP) obtidos nas diferentes formas de nivelamento e direções de visadas (A e B – direção sudoeste, C e D – direção sudeste, E e F – direção nordeste; A, C e E – aparelho desnívelado apenas no nível circular; B, D e F – aparelho completamente desnívelado).

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos para as áreas e perímetros das poligonais de acordo com as distâncias dos vértices com a estação, para as leituras com o teodolito completamente nivelado e desnívelado apenas no nível circular e completamente desnívelado. Para a distância teórica de 10 m, a diferença entre o nivelamento padrão e o desnívelado variou de +0,48 a -4,41 m² na área, e de -0,23 a -0,76 m no perímetro. Na mesma distância, o uso do aparelho totalmente desnívelado provocou variação de -5,01 a +2,13 m² na área, e de -1,12 a 0,83 m do perímetro.

Aos 20 m, a diferença variou de +3,97 a -14,01 m² para a área e de +0,50 a -1,84 m para o diâmetro. Considerando o teodolito totalmente desnívelado, verificou-se erros na área de poligonal variando de -0,03 a -4,75 m², enquanto no perímetro o erro variou de -0,52 a +0,01m.

Aos 50 m, o erro na leitura proporcionado pelo aparelho desnívelado sobre a área da poligonal variou de -23,79 a +32,51 m², enquanto no perímetro o erro variou de -1,55 a +1,09 m. Para o aparelho totalmente desnívelado, ocorreram variação do erro de -52,7 a -1,64 m² para a área, de -2,76 a -0,33 no perímetro da poligonal.

Para a distância teórica de 70 m, a diferença entre os valores obtidos com o aparelho desnívelado teve uma variação de +33,43 a +117,47 m² na área, e de -0,31 a 4,04 m no perímetro. Referente aos erros obtidos com o teodolito completamente desnívelado, para esta distância ocorreram variações de +53,47 a +80,92 m² na área, e de +1,10 a +2,04 no perímetro.

Para a maior distância teórica (100 m), o erro obtido com a aparelho desnivelado no nível circular variou de +2,59 a +76,05 m² na área, e de -0,45 a +2,20 m no perímetro. Quanto ao aparelho totalmente desnivelado, o erro na área variou de -1,12 a +32,79 m², enquanto para o perímetro da poligonal o erro variou de -0,77 a +0,24.

De forma geral, verificou-se que o erro devido ao uso de aparelho desnivelado quanto ao nível circular foi de uma amplitude inferior a 5,0 m² na área da poligonal, e de inferior a 1,0 m no perímetro considerando a menor distância teórica (10 m). No entanto, com o aumento das distâncias das visadas, o erro aumentou consideravelmente, de forma que para 70 m, a amplitude do erro na área da poligonal variou 84,04 m² para a área, enquanto no perímetro ocorreu uma amplitude 4,35 m. Na maior distância teórica (100 m), foram observadas amplitudes de 73,43 m² na área e 2,65 m no perímetro (Tabela 1).

Assim como observado quando o teodolito foi instalado com o nível circular não ajustado, quando o levantamento foi realizado com o teodolito completamente desnivelado os erros também aumentaram com o aumento das distâncias entre a estação e os pontos de coleta. Aos 20 m ocorreram amplitudes de 4,72 m² na área de 0,53 m no perímetro. Para a distância teórica de 100 m, a amplitude na área foi de 56,46 m², enquanto no perímetro verificou-se amplitude de 1,01 m (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de áreas (AP), perímetros (PP) e variações de área (Δ -AP) e de perímetros (Δ -PP) de diferentes poligonais medidas com o teodolito nivelado e desnivelado apenas no nível circular

Distâncias da estação		AP (m ²)	Δ -AP (m ²)	PP (m)	Δ -PP (m)	AP (m ²)	Δ -AP (m ²)	PP (m)	Δ -PP (m)
Teodolito desnivelado apenas no nível circular					Teodolito totalmente desnivelado				
10 metros	Nivelado	97,71	-----	49,36	-----	97,71	-----	49,36	-----
	Desn-1	100,19	-2,48*	50,03	-0,67	95,58	2,13	48,53	0,83
	Desn-2	97,23	0,48	49,59	-0,23	99,73	-2,02	50,04	-0,68
	Desn-3	102,12	-4,41	50,12	-0,76	102,72	-5,01	50,48	-1,12
20 metros	Nivelado	398,84	-----	99,68	-----	398,84	-----	99,68	-----
	Desn-1	401,84	-3,00	100,21	-0,53	401,83	-2,99	100,2	-0,52
	Desn-2	394,87	3,97	99,18	0,50	398,87	-0,03	99,67	0,01
	Desn-3	412,85	-14,01	101,52	-1,84	403,59	-4,75	99,77	-0,09
50 metros	Nivelado	2461,87	-----	248,69	-----	2461,87	-----	248,69	-----
	Desn-1	2453,83	8,04	248,36	0,33	2463,51	-1,64	249,02	-0,33
	Desn-2	2429,36	32,51	247,6	1,09	2468,1	-6,23	249,23	-0,54
	Desn-3	2485,66	-23,79	250,19	-1,5	2514,57	-52,7	251,45	-2,76
80 metros	Nivelado	5565,98	-----	384,32	-----	5565,98	-----	384,32	-----
	Desn-1	5448,51	117,47	380,28	4,04	5485,26	80,72	382,28	2,04
	Desn-2	5480,45	85,53	381,88	2,44	5485,06	80,92	382,45	1,87
	Desn-3	5532,55	33,43	384,63	-0,31	5512,51	53,47	383,22	1,10
100 metros	Nivelado	9755,92	-----	493,99	-----	9755,92	-----	493,99	-----
	Desn-1	9699,91	56,01	493,30	0,69	9779,59	-23,67	494,62	-0,63
	Desn-2	9679,87	76,05	491,79	2,20	9723,13	32,79	493,75	0,24
	Desn-3	9753,33	2,59	494,44	-0,45	9757,04	-1,12	494,76	-0,77

* Δ -AP>0: AP e PP (nivelado) são maiores que AP e PP desnivelados. Δ -AP<0: AP e PP (nivelado) são menores que AP e PP desnivelados.

Conforme apresentado anteriormente, verificou-se que ocorreu pouca diferença nas distâncias em função da forma de nivelamento, da direção da visada e da distância entre a estação e os pontos (Figura 1). No entanto, o erro proporcionado pela instalação incorreta do teodolito provocou maiores erros na determinação das áreas e dos perímetros das poligonais. Além disso, foi observado que esse erro aumentou na medida em que a poligonal era formada por pontos mais distantes da estação.

Os resultados apresentados demonstram a importância do adequado nivelamento do teodolito a fim de evitar possíveis erros em levantamentos topográficos.

Atenção especial deve ser dada ao horário para a realização do levantamento topográfico, pois as variações são dadas em sua maioria, pela distância. Quanto mais longe, mais variação ocorrerá e pelo horário a ser medido, geralmente dificulta a visualização em função das condições atmosféricas, assim variando os valores.

3. CONCLUSÕES

O uso do aparelho não nivelado corretamente não acarreta graves erros na determinação de distâncias dentro do limite analisado nesse estudo. Porém, para obter o mínimo de erros na determinação de áreas e perímetros das poligonais através de levantamentos planimétricos, é necessário o adequado nivelamento do teodolito.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MAST, MUSEU DE ASTRONIMIA

<http://site.mast.br/multimedia_instrumentos/teodolito_historico.html. Acesso em: 03 de out 2023

[2] SIRTOLI, A. E., et al. Atributos topográficos secundários no mapeamento de pedoformas.

Geociências, v. 27, n. 1, p. 63-77, 2008.

[3] VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de topografia, 2006. 205.

<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>

[4] A EVOLUÇÃO HISTÓRICA E TECNOLÓGICA DO INSTRUMENTO TOPOGRÁFICO. > Acesso

< <http://www.topografia.ufba.br/evolucao%20tecnologicatop.pdf>

[5] CPE Tecnologia. Erros em Levantamento Topográfico: os principais motivos de erro.

<https://blog.cpetecnologia.com.br/erros-em-levantamento-topografico/#:~:text=Erros%20Sistem%C3%A1ticos&text=S%C3%A3o%20erros%20que%20se%20acumulam,visual%20do%20operador%20do%20equipamento>. 02 de out 2023