

CALIBRAÇÃO DE ESTAÇÕES TOTAIS A LUZ DAS NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS.

A. P. B. Lima^{1,2}, L. R. Silva¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

²Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil

CT02-26

RESUMO

O transporte, pequenas quedas e elevadas alterações ambientais (temperatura e pressão) também interferem na ET fazendo com que os requisitos especificados não sejam satisfeitos e a detecção desta inconformidade é vital para a qualidade do levantamento. Sendo assim, antes de iniciar as medições é importante que o operador assegure que a precisão da Estação Total está dentro do especificado e é fundamental que sejam feitas verificações embasadas em normativas com reconhecimento internacional, evidenciando a importância desta pesquisa.

Palavras chave: Normas, Estação Total, Calibração

ABSTRACT

The transportation, falls and high environmental changes (temperature and pressure) interfere with TS too, making the specifications don't be enough and the detection of this nonconformity is vital to the survey quality. Therefore, before starting the measurements, it's important the operator assures the Total Station precision is within the specifications and it's fundamental to make verifications based on internationally standards, evidencing the importance of this research.

Keywords: Standart, Total Station, Calibration.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os equipamentos utilizados para os levantamentos topográficos e geodésicos passaram por uma grande transformação. A inserção da eletrônica propiciou rapidez no levantamento, popularização dos equipamentos de melhor precisão, permitiu a unificação de equipamentos, o armazenamento, comunicação e cálculos das observações. Estes fatos contribuem para que os resultados produzidos sejam considerados perfeitos, não possuam erros, um equívoco, uma vez que não há equipamento de mensuração que não possua uma incerteza na medição, que deve ser determinada e verificada, certificando a qualidade do produto final.

Determinada através de calibrações, a incerteza de medição do instrumento é comumente denominada de Precisão Nominal (PN). Evidencia-se nesta pesquisa que as Estações Totais de média e alta precisão, propagam erros que podem ser desprezíveis para diversos fins, mas conforme aumente a propagação, poderá causar resultados indesejados. Toda medição deve ser embasada em procedimento ou norma estabelecidos para determinação e verificação de tais incertezas de medição. Posto isto, pretende-se com este artigo discutir as normativas que abarcam a verificação das Estações Totais (ET) e os pontos relevantes

correlatos à qualidade instrumental, uma vez que a qualidade das medições é intrínseca à PN.

A metodologia empregada baseia-se em pesquisa bibliográfica, com reflexões teóricas das principais normativas que se referem a verificação das Estações Totais em alguns países da Europa e América, confrontando com as normas brasileiras, identificando-se virtudes e ônus das normativas atuais.

2. NORMALIZAÇÃO E AS ESTAÇÕES TOTAIS

Diversos países possuem entidade normalizadoras, entretanto a protagonista no tema normalização é a International Organization for Standardization (ISO), que conta com 163 organismos nacionais de normalização. Mesmo voluntárias, é comum a legislação dos países se orientem pelas normas ISO.

(ABNT, s.d.) apresenta o conceito de normalização como sendo o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados, e, em particular, para a promoção da economia global. O conceito de Norma é enunciado como sendo o documento que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus

resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.

2.1. NORMAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS

(Zeiske, 2001) e (Pina, 2014) afirmam que um número cada vez maior de Empresas e entidades tem ao menos, uma certificação da família ISO 900x. (López e Pascual, 2008), apontam que todo o conjunto de processos para se obter o produto deve ser controlado, permitindo a rastreabilidade e que a comprovação da conformidade e da validade dos resultados produzidos pelos instrumentos de medição justifica o processo de calibração e verificação.

A ISO 12858-2:1999 dedica-se aos dos tripés, separando-os em pesados e leves, expõe os fatores que influenciam na acurácia obtida com eles e tem tolerâncias que se atendidas, a priori, são irrelevantes no uso com a ET. Já a ISO 12858-3:2005 se refere às Bases Nivelantes, e traz que estas devem ser capazes de absorver a torção que o instrumento produz sem deformação permanente e possuam rigidez de torção compatível com a PN do instrumento.

A norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 é quem trata dos Requisitos Gerais para a competência de laboratório de ensaio e calibração. Os laboratórios de calibração e ensaio que atendam a esta norma operarão de acordo com a ABNT NBR ISO 9001.

No Brasil a NBR 14.166:1998 - Rede de Referência Cadastral Municipal e a coletânea NBR 14.645 - Elaboração do “como construído” (as built) para edificações, no que concerne a qualidade da ET, migram a competência para a NBR 13.133:1994 - Execução de Levantamento Topográfico e essa delibera que a classificação da Estação Total será feita em conformidade com a DIN 18.723, que revisada foi incorporada pela coletânea ISO 17123 - Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments.

A coletânea ISO17123 especifica os procedimentos simplificado e completo a serem adotados para a determinação e avaliação da precisão dos instrumentos topográficos e seus acessórios. Foram desenvolvidas para aplicações in loco, sem a necessidade de equipamento especial e projetadas para minimizar as influências atmosféricas. Assumem o uso de métodos de medição em que os erros sistemáticos e grosseiros foram na maior parte compensados ou ignorados. Se for necessária uma avaliação mais significativa da incerteza de medição o procedimento completo é mais rigoroso e, portanto, indicado.

Cabe aqui destacar que a ISO 17123-5 é dedicada as Estações Totais, contudo tradicionalmente executa-se as calibrações e apresentam-se a incerteza de medição considerando a parte angular e linear das Estações Totais de forma independentes, fazendo-se uso da ISO 17123-3 e ISO 17123-4.

2.2. ISO 17123-3:2001

A ISO 17123-3:2001 refere-se aos ângulos horizontal e vertical. O ângulo horizontal é verificado através da realização de séries de leituras, sendo no teste simplificado uma série e no completo quatro séries, cada série contendo três leituras em na posição direta (PD) e três leituras na posição Inversa (PI) em cada um dos quatro (simplificado) ou cinco (completo) alvos fixos dispostos aproximadamente no mesmo plano horizontal que o instrumento, afastados entre 100m e 250m e divididos em intervalos angulares regulares. Os alvos utilizados devem ser determinados inequivocamente. No teste completo deve-se variar as condições do clima de forma moderada.

Já para o ângulo vertical o instrumento deve ser instalado a uma distância aproximada de 50m de uma edificação alta com 4 alvos definidos na edificação ou fixados, dispostos de forma a cobrir um ângulo vertical de aproximadamente 30°. Para o procedimento de teste simplificado, deve-se realizar 1 série de medidas com 3 leituras em PD e 3 leituras em PI em cada um dos 4 alvos. Para o teste completo, serão utilizadas 4 séries iguais ao do teste simplificado, entretanto deve-se ter atenção que as séries devem ser realizadas com variações extremas das condições climáticas.

2.3. ISO 17123-4:2012

Quanto a norma ISO 17123-4:2012, esta versa sobre os Medidores Eletrônicos de Distância (MED). O procedimento de teste simplificado baseia-se em um número limitado de medidas, portanto um desvio padrão significativo não pode ser obtido. Este procedimento depende de um campo de testes com um ponto materializado permanentemente para o estacionamento do instrumento e quatro refletores (alvos) também permanentemente afixados com distâncias na faixa de trabalho usual do instrumento MED e as distancias entre os alvos devem ter seus valores verdadeiros conhecidos. Cada distância deve ser medida três vezes e deve ser efetuado as correções atmosféricas. Esta norma também apresenta a investigação do erro de escala, que pode afetar sensitivamente os resultados deste teste simplificado.

O procedimento do teste completo é baseado nas medições das distâncias, em todas as combinações possíveis, em um campo de teste sem necessidade do conhecimento dos valores verdadeiros. Não é possível detectar erros de escala de um instrumento MED por este procedimento pois estes não influenciam os resultados. Para determinar a estabilidade da escala, deve ser verificada a frequência de medição do instrumento MED por meio de um osciloscópio.

Para efetuar as medidas no procedimento completo, a linha base é uma reta entre 300m e 600 m, com sete pontos fixos, estabelecida horizontalmente ou com inclinação constante e leve. Com o instrumento instalado no ponto e efetua-se as leituras a todos os pontos subsequentes, totalizando 21 leituras.

2.4. ISO 17123-5:2012

Esta norma aborda as Estações Totais. As coordenadas cartesianas são consideradas como observáveis porque são selecionáveis como valores no arquivo de saída. Os testes baseiam-se em medidas sem conhecimento prévio e como a precisão planimétrica não é a mesma que a altimétrica, os desvios padrão experimentais são calculados separadamente.

Os resultados desses testes são influenciados pelo clima, especialmente pela temperatura, por isso os dados meteorológicos reais devem ser medidos para serem feitas as correções. As variações climáticas levadas em consideração para os testes devem corresponder às esperadas quando a tarefa for efetivamente realizada.

No teste simplificado são escolhidos dois alvos firmemente fixados. A distância entre os alvos deve ser definida de forma a ser maior que a distância média do serviço pretendido. Suas alturas serão tão diferentes quanto o local permitir. Duas estacionadas, aproximadamente alinhadas com os alvos, definidas entre 5 m e 10 m de distância de cada alvo, uma na direção oposta e outra entre dois alvos.

As coordenadas dos alvos devem ser medidas em cada estacionada por 4 séries. Em cada série, efetua-se um par de leituras conjugadas dos alvos e as coordenadas da estação e a orientação de referência da estação são discricionárias. deve-se ter especial cuidado ao estacionar o instrumento, exigindo o uso de dispositivos de centragem forçada nos testes.

Para a configuração do teste de campo no procedimento completo, três alvos devem ser definidos nos vértices de um triângulo. Três estacionadas devem ser colocadas, uma perto de cada vértice do triângulo e a medição é similar ao teste simplificado.

Para os dois testes é recomendável que seja utilizado nos cálculos das coordenadas dos pontos o software embarcado no instrumento ou o mesmo software que será usado para o trabalho prático.

3. INFLUÊNCIA DA PRECISÃO NOMINAL

Trabalhos de medição realizados com estação total objetivam a coleta de pontos coordenados, e mesmo não sendo o único possível, o método polar (ângulos e distâncias) é o mais utilizado nestes trabalhos

de medição. (Galdino, 2006) apresenta a Equação 1 como o modelo matemático que expressa a propagação dos erros para um ponto, no método polar tridimensional.

$$\sigma_p^2 = 2\sigma_E^2 + \sigma_a^2 \cos^2 \beta + \sigma_a^2 d^2 \quad (1)$$

Este artigo utiliza-se da Equação 1 para calcular cenários que exemplifiquem o comportamento desta propagação de erro. Optou-se por manter fixa a precisão do ponto estacionado e com o valor de 2 cm, a precisão linear e angular segue as classificações de média e alta precisão da NBR 13.133:1994. Para realizar os cálculos, tem de ser considerado que a incerteza de medição da estação total apresentada nos testes da ISO17123-3:2001 é dada em uma direção observada nas duas posições da luneta (PD e PI). No método polar faz-se necessário uma observação a uma direção de referência e uma observação a uma direção irradiada e tradicionalmente em campo, visando agilidade, é comum a leitura apenas em uma posição da luneta, e neste caso, ao aplicar a lei de propagação de erros o valor a ser utilizado deve ser o dobro da precisão que os teste da ISO17123-3:2001.

Para completar os cenários, valores estimados para as observações da distância e do ângulo vertical se fazem necessárias. Definiu-se a oscilação da distância nos valores de 50, 100, 250, 500, 1000 e 1500 metros e o angulo zenital em dois valores, pois visadas com ângulos verticais divergentes mais de $\pm 30^\circ$ do plano horizontal são raras de serem feitas e variam igualmente independente do sinal. Para efeitos comparativos, acatou-se que a precisão dos vértices de um imóvel seja de 8 cm, conforme (Luz, 2013) sugere.

Os resultados obtidos foram tabulados e estão apresentados na Tabela 1. Como pode-se observar, há combinações em que o valor da precisão do ponto supera o valor máximo aceitável evidenciando que a PN pode gerar propagações eventualmente indesejadas em levantamentos cadastrais.

4. PERIODICIDADE DAS CALIBRAÇÕES

As normas são eficazes em responder às indagações do motivo e à forma de execução da calibração das estações totais, mas são discretas quanto às regras para a frequência em que estas devem ser realizadas, limitando-se a indicar que antes de iniciar as medições, é importante que o operador assegure que a

Tabela 1 – Valores do erro propagado no método polar. Fonte: os Autores

Cenário	σ_a	Ang = 4"		Ang = 10"		Ang = 10"		Ang = 14"	
	σ_d	3+2ppm		3+2ppm		5+5ppm		5+5ppm	
	β	60°	90°	60°	90°	60°	90°	60°	90°
Distância	50 m	0,064	0,070	0,064	0,070	0,076	0,084	0,076	0,084
	100 m	0,065	0,071	0,065	0,071	0,077	0,086	0,077	0,086
	250 m	0,067	0,073	0,068	0,074	0,081	0,091	0,082	0,091
	500 m	0,070	0,077	0,073	0,080	0,090	0,099	0,093	0,102
	1000 m	0,077	0,085	0,089	0,096	0,108	0,119	0,118	0,128
	1500 m	0,085	0,093	0,108	0,114	0,128	0,140	0,147	0,157

precisão do equipamento utilizado na medição seja adequado para a tarefa pretendida.

A ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 determina que o certificado de calibração não deve conter qualquer recomendação sobre o intervalo de calibração, exceto em casos peculiares. Ao responder à pergunta: quando calibrar um instrumento? (Suarez, 2014) afirma que a periodicidade da calibração do instrumento depende de um grande número de fatores e, portanto, não pode ser prescrita de uma forma rígida e expõe que os eventos que balizarão a decisão de nova calibração são: se instrumento foi danificado ou recebeu forte impacto, foi reparado, alugado ou recém comprado e se ocorrer uma mudança significativa no clima desde a última verificação. Nesta mesma linha de raciocínio, para (Silva, 2008) a execução periódica destas verificações se justifica pelo uso contínuo e extensivo dos equipamentos, longos períodos de armazenamento, transporte e procedimentos inadequados que possam provocar desgaste nas peças, levando o equipamento a operar fora dos padrões estabelecidos originalmente. Os fabricantes também indicam as situações em que o equipamento deve ser submetido a uma verificação ou calibração. Os parâmetros não são idênticos para todos os fabricantes, entretanto não se distanciam dos já mencionados.

Como pode ser percebido a validade de um certificado de calibração está vinculada a fatores difíceis de se controlar e evitar (transporte, clima) e, paralelamente a isto, tem-se que testes realizados em laboratórios fornecem resultados em condições que raramente são encontrados na prática e produzem precisões maiores do que as que podem ser obtidas em condições de campo.

Concomitantemente, o aumento das organizações públicas ou privadas que adotam Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) e que seguem os padrões da família ABNT NBR ISO 9000 e que por isso demandam a rastreabilidade da medição e por consequência as verificações, ressaltam a necessidade de debate sobre as normas. Vale ressaltar que esta pesquisa visa a verificação, na condição imediatamente anterior ao levantamento, do instrumento conservar-se dentro das especificadas pelo fabricante ou Certificado de Calibração..

5. AMBIENTE LABORATORIAL E AMBIENTE DE CAMPO (IN LOCO)

Mundialmente os laboratórios de instrumentos topográficos e geodésicos geralmente são pertencentes ou associados aos fabricantes, e/ou revendedores, associando à comercialização de instrumentos a manutenção e calibração dos instrumentos. Em menor número estão relacionados à universidades, fundações e institutos tecnológicos. No Brasil mesmo com a mudança do paradigma iniciada, quase não há exigência do certificado de calibração e da rastreabilidade do certificado e das medições, sendo a maioria das vezes

solicitado apenas por empresas que possuem Sistemas de Gestão da Qualidade ou órgãos públicos ao utilizarem os serviços de topografia. Ao pesquisar-se no site do INMETRO, encontra-se que apenas 2 laboratórios estão certificados e constam na Rede Brasileira de Calibração para a execução de calibração de Estações Totais.

No que tange o procedimento de calibração em laboratórios, não há grandes variações entre o Brasil e outros países, sendo que em geral utilizam-se metodologias derivadas das normas ISO17123-3 e ISO17123-4, adaptando-as para o ambiente laboratorial que é caracterizado por disponibilizar espaço reduzido e confinado e evitando interferências externas, além de facilitar e promover a possibilidade de reparos, agilidade nas medições e o conhecimento de valores verdadeiros previamente. Mesmo a área demandada sendo menor, havendo o controle climático e manutenção dos padrões, ainda assim os custos para calibrações e verificações em ambiente laboratorial não são baixos e temos que considerar que há a possibilidade do laboratório mais próximo ao local a ser executado o serviço ficar à uma distância grande o suficiente para que o transporte e alterações climáticas no traslado possa alterar significativamente alguma propriedade do instrumento, exigindo nova verificação. A própria coletânea da ISO17123 é convicta de que os testes realizados em laboratórios são mais fidedignos, mas os custos para esses testes são altos e, portanto, não são praticáveis para a maioria dos usuários na maioria das vezes. Além disso, os testes laboratoriais fornecem precisões muito superiores às que podem ser obtidas em condições de campo, podendo confundir os mais incautos.

Sobre a compatibilidade entre os métodos, (Owerko, 2009) faz um comparativo, em campo, utilizando 3 modelos diferentes de estações totais e obteve coerência entre os resultados dos dois modelos de ET, sendo a exceção possivelmente ocasionada por conta de dificuldades operacionais com a estação. (Sokol, 2014) avaliou um modelo específico, pelos procedimentos completos, e a partir dos testes realizados, apresenta que foi possível confirmar que o dispositivo testado atende a precisão das coordenadas cartesianas tridimensionais, não especificadas pelo fabricante, mas calculadas a partir das precisões angular e linear especificadas pelo fabricante através da lei de propagação de erros. (Silva, 2009) utilizou a ISO17123-3 para testes em campo e adaptação desta para testes em laboratório, sendo neste, efetuados testes com os colimadores construídos e industriais e em todos os testes os resultados ficaram muito próximos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho verifica-se a popularização das normas ISO como padrão legal em nível mundial. Conjuntamente, a pesquisa expôs que os SGQ geram a necessidade de rastreabilidade nas medições visando garantir a qualidade dos dados medidos, e que o mercado vem convergindo para necessidade de

procedimentos normatizados de calibração e verificação das Estações Totais, conforme tratado na coletânea ISO 17123.

A interferência da precisão nominal, no método polar, na qualidade dos pontos levantados deve ser levada em conta na escolha do instrumento, pois a precisão nominal é significativa nos levantamentos cadastrais nos cenários utilizados por este artigo.

No transcorrer da pesquisa, verifica-se que como os valores encontrados nos certificados de calibração são condicionados a fatores inevitáveis, portanto as verificações da qualidade do instrumento no momento imediatamente anterior à coleta de dados torna-se imprescindíveis para a rastreabilidade dos dados.

A demanda por rastreabilidade dos dados vem gradativamente aumentando, e a falta de laboratórios certificados direcionam a pesquisa para a ISO 17123-5:2012 que aparenta ter vantagens na verificação das estações totais, com testes mais exequíveis pelos usuários, exigindo similaridades entre as condições de teste e do trabalho imediatamente posterior. A forma com que os laboratórios vem executando as calibrações são consolidadas no mercado, contudo a concomitância da possibilidade de duas formas distintas de determinação da incerteza de medição do instrumento é benéfica ao mercado em geral, visto que os resultados aparentam serem coerentes, uma válida a outra e pode-se optar por qual metodologia aplicar-se-á na calibração a ser realizada, determinado através dos recursos disponíveis qual é a melhor opção para cada caso.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de um procedimento que seja viável em campo, e permita verificar o grau de atendimento da precisão no uso de um instrumento topográfico e seus acessórios, manuseado pelo profissional designado, no período e condições climáticas ao qual o levantamento foi realizado será de grande valia para a garantia de que o levantamento foi realizado utilizando-se material adequado e permita a propagação correta destas incertezas de medição, ficando como recomendação para atividades futuras o estudo mais aprofundado da coletânea ISO 17123 e sua aplicabilidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, s.d.. Site Oficial. Disponível em <http://www.abnt.org.br/normalizacao>. Acesso em Set/2017.

ABNT NBR ISO/IEC 17025, 2005. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Sede da ABNT, Rio de Janeiro-RJ. 37 páginas.

Galdino, C. 2006. Cadastro de parcelas territoriais vinculado ao sistema de referência geocêntrico - SIRGAS 2000. Tese de Doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 254 páginas.

ISO12858-2. 1999. Optics and optical instruments - Ancillary devices for geodetic instruments - Part 2 Tripods. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland. 14 pages.

ISO12858-3. 2005. Optics and optical instruments - Ancillary devices for geodetic instruments - Part 3 Tribrachs. ISO copyright office, Genève, Switzerland. 18 pages.

ISO17123-3. 2001. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 3 Theodolites. ISO copyright office, Genève, Switzerland. 26 pages.

ISO17123-4. 2012. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 4 Electro-optical distance meters. ISO copyright office, Genève, Switzerland. 30 pages.

ISO17123-5. 2001. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 5 Total stations. ISO copyright office, Genève, Switzerland. 34 pages.

López, F. J. A.; Pascual, A. F. R., 2008. La familia ISO 19100. Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica Universidad de Jaén. Jaén Espanha. 230 páginas.

Luz, L. A. da S., 2013. Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro. Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 254 páginas.

Owerko, T.; Strach, M., 2009. Examining coherence of accuracy tests of total station surveying and geodetic instruments based on comparison of results of complete test procedures according to ISO 17123. Reports on Geodesy, Varsóvia, Polônia. Vol. 2-87 pp. 291-299.

Pina, A. I., 2014. Evaluación de la incertidumbre de medida de una estación total aplicando la Norma ISO 17123-3. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 1, N° 1, pp. 79-90.

Silva, M. M. S. da. 2008. Metodologia para a criação de um laboratório para classificação das componentes angulares horizontal e vertical, de teodolitos e estações totais. Tese de Doutorado pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR. 139 páginas.

Sokol, S. et al., 2014. Testing the Accuracy of Determining 3D Cartesian Coordinates Using the Measuring Station S8 Trimble DR Plus ROBOTIC. Journal of the Polish Mineral Engineering Society, Vol. 15, Cracóvia, Polônia, pp. 85-90.

Suarez, H. A. 2014. Uso do Método Compacto para calibração de estações totais. Dissertação de Mestrado pela Universidade de São Paulo, São Carlos-SP. 152 páginas.

Zeiske, K., 2001. Current status of the ISO standardization of accuracy determination procedures for surveying instruments. In: FIG Working Week 2001. Seoul, Korea, pp. 1-9