IARA ALVES MARTINS DE SOUZA

A calibração de instrumentos de medições topográficas e geodésicas: A busca pela acreditação laboratorial

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes – Área de Infraestrutura de Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Irineu da Silva

São Carlos
2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José Martins e Iraní, os quais, nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos... Pelo amor incondicional, palavras de incentivo, apoio e extrema confiança em todos os momentos da minha vida. Amo vocês.

Aos meus amados irmãos Willian, Zezinho, Bete, Marcelo, Kado e Amanda, nem mesmo o tempo e a distância são capazes de diminuir o amor que sinto por vocês. Agradeço pelos momentos de alegria, pelo apoio e torcida.

Aos meus amados sobrinhos, Matheus, Mariana, Vitória, Henrique e Phillipe, que mesmo sem notar, me deram forças para continuar, e por serem a alegria constante do meu viver.

Às minhas queridas cunhadas Vanderléia, Marilda e Simone, por me darem sobrinhos tão queridos, pela amizade, carinho e por estarem sempre torcendo por mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a realização de um sonho...

Ao meu orientador Irineu da Silva. Agradeço pela valiosa orientação, discussões enriquecedoras e paciência frente às minhas dificuldades. Obrigada pelas contribuições concedidas durante todas as etapas de realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes pelos conhecimentos transmitidos, em especial, aos professores Paulo César Lima Segantine e Ricardo Ernesto Schaal que, direta ou indiretamente, proporcionaram valiosas sugestões e discussões nas etapas deste trabalho.

Aos meus queridos amigos Rochele, Cassiano, Isabela, Luciana e Monique. A existência de vocês tem sido para mim, nesses últimos anos, um grande motivo para me manter firme no princípio de que realmente tudo nessa vida vale a pena... Obrigada por vocês existirem e que um dia eu possa retribuir toda ajuda, carinho, atenção e alegria recebida e principalmente por me aceitarem exatamente como sou. Eu não conseguiria sem vocês!

À Vivian, Juliane, Cássia, Renata, Francielle e Nayra. Apesar de não participarem efetivamente na elaboração deste trabalho, vocês foram as amigas queridas que me deram forças para continuar. Sempre torcendo pelo meu sucesso e me incentivando, mesmo que à distância. Tantas palavras de carinho e afeto, quantas coisas partilhadas... Obrigada por fazerem parte da minha vida.

Às minhas novas amigas de "república" Ana Paula e Marcela, pelo auxílio, amizade e compreensão durante esses últimos meses.

Aos funcionários do Departamento de Transportes pela disposição e atenção sempre carinhosa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

À todos os outros amigos que compartilharam caminhada e que não tiveram seus nomes citados,

Meu muito obrigada!

RESUMO

SOUZA, I. A. M. **A calibração de instrumentos de medições topográficas e geodésicas: Em busca da acreditação laboratorial.** 176 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

É um dever dos profissionais que trabalham na área de Mensuração discutir os temas que envolvem a manutenção/calibração de instrumentos geodésicos em ambiente laboratorial e o uso de padrões específicos voltados para as áreas de instrumentação e de Sistema de Gestão da Qualidade. Para isso, é importante mensionar as normas ISO 17123:2001, NBR ISO/IEC 17025:2005, ABNT NBR ISO 9001:2000 e os métodos compactos para laboratório voltados para testar estações totais e instrumentos EDM. Neste contexto, o principal objetivo desta pesquisa é discutir os temas relacionados à manutenção/calibração de instrumentos geodésicos em laboratório, mostrando a importância da implantação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). Também são discutidas as vantagens decorrentes desta implantação, bem como a organização estrutural e de pessoal para tal sistema, apresentando as normas específicas usadas para a realização de trabalhos em agrimensura. Para compreender melhor a temática da dissertação foram pesquisados alguns laboratórios internacionais que trabalham com a manutenção/calibração de instrumentos geodésicos, que são acreditados pela norma ISO 17025:2005, são certificados pelas normas ISO 9001:2000 e realizam os seus procedimentos de acordo com os requisitos da norma ISO 17123:2001. Dessa forma, as avaliações sobre a estrutura organizacional do laboratório, a estrutura de pessoal e o SGQ implantado, foram realizadas de forma mais segura. Os laboratórios pesquisados realizam suas atividades de acordo com os requisitos das normas ISO 9001:2000, ISO 17025:2005 e ISO 17123, garantindo qualidade aos trabalhos nos laboratórios. A calibração realizada de forma correta e regular contribui para a promoção da qualidade das atividades nos laboratórios.

Palavras-chave: calibração instrumental, laboratório de instrumentos geodésicos, Sistema de Gestão da Qualidade, acreditação, certificação.

ABSTRACT

SOUZA, I. A. M. **The calibration of instruments topographical and geodetic measurements: The search of laboratory accreditation.** 176 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

It is the duty of professionals working in the area of Measurement discuss issues involving the maintenance / calibration of geodetic instruments in the laboratory and the use of specific standards directed to the areas of instrumentation and Quality Management System. Therefore, it is important to dimensional standards ISO 17123:2001, ISO / IEC 17025:2005, ISO 9001:2000 and compact laboratory methods aimed at testing EDM instruments and total stations. In this context, the main objective of this research is to discuss issues related to maintenance / calibration of geodetic instruments in the laboratory, showing the importance of implementing the Quality Management System (QMS). Also discussed are advantages of this deployment, as well as the structural organization and personnel for such a system, with specific standards used to perform work in surveying. To better understand the theme of the thesis were searched some international laboratories that work with the maintenance / calibration of geodetic instruments, which are accredited to ISO 17025:2005 are certified by ISO 9001:2000 and realize their procedures in accordance with the requirements of ISO 17123:2001. Thus, the ratings on the organizational structure of the laboratory, the personnel structure and quality management system in place, were held more securely. The laboratories surveyed perform their activities in accordance with the requirements of ISO 9001:2000 and ISO 17025:2005 and ISO 17123, ensuring quality to work in laboratories. The calibration performed correctly and regularly contributes to the promotion of quality activities in the laboratories.

Keywords: instrument calibration, laboratory instruments geodesic, Management System Quality, accreditation, certification.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1: DIFERENÇA ENTRE PRECISÃO E EXATIDÃO (ACURÁCIA) 37
FIGURA 3.2: PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA ESTAÇÃO TOTAL. 45
FIGURA 3.3: SISTEMA DE CODIFICAÇÃO ABSOLUTO. 47
FIGURA 3.4: MODELO DE LIMBO INCREMENTAL (RELATIVO). 47
FIGURA 3.5: LUNETA 48

FIGURA 4.1: SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM TEODOLITO APRESENTANDO O ERRO DE COLIMAÇÃO HORIZONTAL 78
FIGURA 4.2: EFEITO DO ERRO DE COLIMAÇÃO EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DA MIRA AO INSTRUMENTO 81
FIGURA 4.3: EFEITO DO ERRO DE COLIMAÇÃO EM VIRTUDE DO NÍVEL LOCALIZAR-SE NA METADE DO ALINHAMENTO FORMADO PELOS PONTOS A E B. 81
FIGURA 4.4: CONFIGURAÇÃO USADA NA VERIFICAÇÃO DA HORIZONTALIDADE DA LINHA DE COLIMAÇÃO DO INSTRUMENTO..... 82
FIGURA 4.5: ILUSTRAÇÃO DA ENTRADA E SAÍDA DO RAIO DE MEDIÇÃO.. 90
FIGURA 4.6: PRIMEIRA CONFIGURAÇÃO DA LINHA DE ENSAIO PARA TESTAR O PROCEDIMENTO SIMPLIFICADO, ADAPTADO NORMA ISO 17123-2. 94
FIGURA 4.7: SEGUNDA CONFIGURAÇÃO DA LINHA DE ENSAIO PARA TESTAR O PROCEDIMENTO SIMPLIFICADO, ADAPTADO NORMA ISO 17123-2. 95
FIGURA 4.8: CONFIGURAÇÃO DA LINHA DE ENSAIO PARA TESTAR O PROCEDIMENTO COMPLETO, ADAPTADO NORMA ISO 17123-2..... 97
FIGURA 4.9: CONFIGURAÇÃO DO TESTE DE MEDIÇÃO PARA DIREÇÕES HORIZONTAIS..... 102
FIGURA 4.10: CONFIGURAÇÃO PARA MEDIÇÃO DE ÂNGULOS VERTICAIS, ADAPTADO NORMA 17123-3, 2001. 108
FIGURA 4.11: DISPOSIÇÃO DOS COLIMADORES HORIZONTAIS PARA MEDIÇÕES ANGULARES, ADAPTADO..... 116

FIGURA 4.12: DISPOSIÇÃO DOS COLIMADORES VERTICAIS PARA MEDIÇÕES ANGULARES, ADAPTADO DE COMPACT METHOD OF TESTING TOTAL STATION, 2003 116
FIGURA 4.13: COLIMADOR MONTADO NO SUPORTE 117
FIGURA 4.14: CONFIGURAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO PARA AVALIAR AS MEDIÇÕES DE DISTÂNCIA 118
FIGURA 4.15: ERROS PASSÍVEIS DE OCORRER NOS INSTRUMENTOS EDM 127
FIGURA 4.16: DUPLICAÇÃO DA DISTÂNCIA CALIBRADA 128
FIGURA 4.17: CONFIGURAÇÃO DA LINHA BASE PROJETADA 129

FIGURA 5.1: HIERARQUIA BÁSICA PARA UM LABORATÓRIO DE MANUTENÇÃO/CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS 136
FIGURA 5. 2: DIMENSÕES DA QUALIDADE 144

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS 35
TABELA 3.2: CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS 35
TABELA 3.3: CLASSIFICAÇÃO DE MED 36
TABELA 3.4: CLASSIFICAÇÃO DE ESTAÇÕES TOTAIS 36
TABELA 3.5: DIMENSÕES DOS PRISMAS DO FABRICANTE LEICA E SUAS CONSTANTES 69

TABELA 4.1: RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS 100
TABELA 4.2: AVALIAÇÃO DOS TESTES ESTATÍSTICOS 106
TABELA 4.3: AVALIAÇÃO DOS TESTES ESTATÍSTICOS 113
TABELA 4.4: COMPARAÇÃO DA ACURÁCIA PARA ÂNGULOS 123
TABELA 4.5: COMPARAÇÃO DA ACURÁCIA PARA DISTÂNCIAS 124
TABELA 4.6: COMPARAÇÃO DE TEMPO 124
TABELA 4.7: OS VALORES DA CONSTANTE ZERO 131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Acredited Calibration Laboratory
ADM	Absolute Distance Measurement
AMC	Autorised Metrology Centre
ANA	Agência Nacional de Águas
ATR	Automatic Target Recognition
CMI	Czech Metrology Institute
COFRAC	French Committee of Accreditation
Dimci/ Inmetro	Diretoria de Metrologia Científica e Industrial
DIN	Deutsches Institut für Normung
EDM	Electronic Distance Measurement
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
FIG	Fédération Internationale des Géomètres
GPS	Global Positioning System
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	International Electrotechnical Commission.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INM	Instituto Nacional de Metrologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
MQ	Manual da Qualidade
NBR	Norma Brasileira
PCO	Phase Center Offset
PCV	Phase Center Variations

PI	Posição Invertida
PD	Posição Direta
PQ	Política da Qualidade
RBC	Rede Brasileira de Calibração - RBC
RBLE	Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio
RTS	Robotic Total Station
SCC	Standards Council of Canada
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SI	Sistema Internacional
SQ	Sistema da Qualidade
TC 172/SC 6	Technical committees 172/SC6
UKAS	The United Kingdom Accreditation Service
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia
VUGTK	Institute of Geodesy, Topography and Cartography

LISTA DE SÍMBOLOS

VV	Eixo Vertical
KK	Eixo de Colimação
ZZ	Eixo Horizontal
ZZ'	Eixo Principal
OO'	Eixo Colimação
HH'	Eixo Horizontal
d_j	Desnível de A e B
$\overline{d_1}$	Média aritmética do primeiro conjunto de medidas realizado entre os pontos A e B
d_j	Leituras de medidas realizadas
r_j	Resíduo
ν	Grau de liberdade
gon	Grado
ρ	Tolerância
d_j	Diferença entre a linha de ré e a de vante
s	Desvio padrão experimental
δ	Zero point offset
s_δ	Desvio padrão experimental do Zero point offset
s e $\tilde{s}$	Desvios-padrão determinados a partir de dois grupos diferentes de medidas
m	Número de séries de medições
i	Número de medições
n	Conjunto de direções
t	Foco (alvo)
k	Número do alvo
s e $\bar{s}$	Desvios-padrão estabelecidos por duas diferentes amostras de

	observações
$1-\alpha=0{,}95$	Nível de confiança das observações
σ	Desvio-padrão pré-determinado pelo fabricante do aparelho
δ_i	Erro do índice vertical
$\bar{x}_k$	Valores médios dos ângulos verticais resultante de n conjuntos.
$\sum r_i^2$	Somatório dos resíduos das inúmeras medições da série
s_i	Desvio padrão experimental de um ângulo vertical
$s(Hz)$	Desvio padrão experimental de uma direção horizontal
$r_{i,j}$	Resíduos da medida de direção Hz para a média do conjunto
$s(V)$	Desvio padrão experimental de uma medida angular zenital
f	Grau de liberdade
$AddC_i$	Constante aditiva
$Known$	Distância de referência (adotado como verdadeiro)
$Meas$	Distância medida
i	Número de alvos (=número de distâncias de referência)
j	Número de medidas por alvo
$s(AddC)$	Desvio-padrão experimental da constante aditiva
$s(D)$	Desvio-padrão relacionado à sua repetibilidade (precisão) para medir distâncias em cada uma das posições
$\overline{Meas_i}$	Média de cada distância

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19
1.1 Considerações preliminares 19
1.2 Objetivos 20
1.3 Justificativa e motivação para a pesquisa 21
1.4 Estrutura da pesquisa 22

2. REFERENCIAL TEÓRICO 25
2.1 Revisão da literatura 25

3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS E DETALHES DA INSTRUMENTAÇÃO USADA NA PESQUISA 33
3.1 Conceitos fundamentais 33
3.2 Detalhes da instrumentação utilizada na pesquisa 44
3.2.1 Teodolitos eeEstações totais 44
3.2.1.1 Sistema de eixos dos teodolitos e estações totais 45
3.2.1.2 Círculos graduados 46
3.2.1.3 Luneta de visada 48
3.2.1.4 Níveis de bolha tubulares e níveis digitais 49
3.2.1.5 Parafusos de chamada 51
3.2.1.6 Parafusos calantes ou niveladores 52
3.2.1.7 Base nivelante 53
3.2.1.8 Visor para leitura das medições 53
3.2.1.9 Compensador de Inclinação 54
3.2.1.10 EDM ou Medidor Eletrônico de Distância 54
3.2.2 Níveis 55
3.2.2.1 Sistema de eixos 56

3.2.2.2 Níveis óticos mecânicos 58
3.2.2.3 Níveis Digitais 58
3.2.2.4 Níveis a laser 59
3.2.3 Antenas receptoras GNSS 60
3.2.4 Colimadores..... 63
3.2.5 Prismas circulares 65
3.2.5.1 Prisma do tipo 360° para estação total robótica 65
3.2.6 Tripé 69
3.2.7 Nível de bolha para bastão (Nível de cantoneira) 70

4. CALIBRAÇÃO INSTRUMENTAL.....73
4.1 Por que é importante calibrar um instrumento?..... 73

4.1.1 Quando devemos calibrar um instrumento de precisão? 74
4.1.2 Requisitos a serem considerados ao realizar uma calibração em instrumentos topográficos e geodésicos?..... 75
4.2 Erros instrumentais..... 75

4.2.1 Erros passíveis de calibração em teodolitos e estações totais 76
4.2.2 Erros passíveis de calibração em níveis 80
4.2.3 Erros passíveis de calibração nas antenas de receptores GNSS..... 83
4.2.4 Acurácia alcançada com os acessórios dos instrumentos topográficos e geodésicos: tripés, bases nivelantes e prismas..... 84
4.3 Normas e procedimentos voltados para a calibração dos instrumentos topográficos e geodésicos 90

4.3.1 As normas técnicas específicas voltadas para a calibração dos instrumentos topográficos e geodésicos 91
4.3.1.1 Norma Técnica: ISO 17123-2:2001 – Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 2: Levels 93
4.3.1.2 Norma técnica: ISO 17123-3:2001 – Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 3: Theodolites.....100

4.3.1.3 Método compacto adaptado da norma ISO 17123-3 para laboratórios: Compact Method of Testing Total Stations 113
4.3.1.4 Método compacto laboratorial para testar instrumentos EDM: New Compact Method for Laboratory Testing EDM Instruments 125

5. LABORATÓRIO DE MANUTENÇÃO 133
5.1 O que é um laboratório de calibração de instrumentos topográficos e geodésicos 133

5.2 Estrutura mínima necessária para a concepção de um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos 134

5.2.1 A estrutura organizacional e de pessoal com suas respectivas atribuições 135
5.2.1.1 Cargos e atribuições possíveis em um laboratório e suas respectivas atribuições 136
5.2.1.2 Operações possíveis em laboratórios de calibração em instrumentos topográficos e geodésicos 139
5.3 Sistema de Gestão da Qualidade nos laboratórios de calibração em instrumentos topográficos e geodésicos 139

5.3.1 O que é o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)? 140
5.3.2 Por que implantar o Sistema de Gestão da Qualidade? 140
5.3.3 Sistema de Gestão da Qualidade nos laboratórios de calibração 142
5.3.4 Vantagens da implantação do SQ 146
5.4 Certificados de calibração: Forma legal do laboratório de calibração de instrumentos topográficos geodésicos apresentar os resultados obtidos nas manutenções/calibrações realizadas nos instrumentos 148

5.4.1 Exemplos de certificados de calibração: os certificados de calibração emitidos pela fabricante Leica Geosystems 150
5.4.1.1 Certificados de inspeção do fabricante M 151
5.4.1.2 Certificados do fabricante O 153
5.4.1.3 Certificados de serviços 153

5.4.1.4 Precauções e restrições ao uso dos certificados de calibração 154
5.4.2 Exemplo de laboratório que trabalha com a reparação e calibração de instrumentos topográficos e geodésicos 155
5.4.2.1 BMP Renta Ltda: Laboratório de Calibracion 155

6. CONCLUSÕES..... 159

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 163

APÊNDICE A..... 171

APÊNDICE B..... 175

ANEXO A 181

ANEXO B 185

ANEXO C 187

ANEXO D 191

ANEXO E 195

ANEXO F 197

Capítulo 1
INTRODUÇÃO

1.1 Considerações preliminares

Para atingir a maior precisão[1] de medição a partir de instrumentos geodésicos, é fundamental a calibração dos mesmos. Um aparelho mal calibrado não é capaz de medir de acordo com a sua exatidão[2] especificada.

Existe um número crescente de fatores que justificam a importância da calibração em um instrumento, dentre eles, a verificação do bom funcionamento dos equipamentos, a necessidade de satisfazer os requisitos de normas de qualidade e, também, garantia da confiabilidade e da rastreabilidade das ações.

A realização da calibração instrumental voltada para a área de Mensuração deve ser feita nos laboratórios de calibração.

Os laboratórios de instrumentos topográficos e geodésicos são laboratórios que ofereçam serviços que baseiam suas atividades nas normas nacionais ou internacionais (ISO, IEC, etc.). É um laboratório que tenha profissionais que conheçam e entendam os termos fundamentais da metrologia, que saibam a diferença existente entre ajuste e calibração e que tenham a capacidade de estimar o erro e a incerteza de medição que deverão ser informados nos certificados de calibração emitidos. O laboratório deve oferecer aos seus clientes uma estrutura organizacional que venha garantir a eficiência da calibração realizada e os que buscam trabalhar com a manutenção/calibração de instrumentos topográficos e

---

[1] CARVALHO, R. F. L. **Ferramentas Estatísticas para a escolha, validação, comparação e monitoramento de métodos analíticos**. Grau de concordância entre repetidas medidas da mesma propriedade.

[2] Grau de concordância entre o valor médio obtido de uma série de resultados de testes e um valor de referência aceito.

geodésicos devem trabalhar segundo as regras da norma internacional ISO 17123[3]. Deve obter a acreditação através da norma NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração e também possuir um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) orientado a formar consciência da qualidade em todos os processos organizacionais. Para isso deve instaurar o sistema nos requisitos da norma ABNT NBR ISO 9001:2000 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é discutir os temas relacionados à manutenção/calibração de instrumentos geodésicos em laboratório, mostrando a importância da implantação do SGQ, as vantagens decorrentes desta implantação e a organização estrutural e de pessoal para tal sistema e, obviamente, apresentar as normas específicas relacionadas a calibração de equipamentos relacionados a topografia e geodésia.

Os objetivos específicos desta dissertação são:

- Apresentar a importância da calibração dos instrumentos topográficos e geodésicos;
- Apresentar as normas específicas e os métodos voltados para a calibração de instrumentos topográficos e geodésicos;
- Apresentar as instituições de ensino nacionais que trabalham com a manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos
- Definir o que é um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos, apresentando a estrutura (organizacional e de pessoal) mínima necessária para a concepção de um laboratório;
- Apresentar as atribuições e operações possíveis em um laboratório de manutenção/calibração;

[3] 1- ISO 17123 – **Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments, 2001.**

- Definir o que é um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), explicando a importância da implantação do mesmo em um laboratório de instrumentos topográficos e geodésicos, bem como apresentar as vantagens da sua implantação;
- Definir um certificado de calibração, apresentando quais são as informações mínimas necessárias, as precauções ao utilizar um certificado de calibração e os tipos de certificados emitidos pela fabricante Leica Geosystems;
- Por fim, apresentar de forma ilustrativa o BMP Renta Ltda, um laboratório chileno específico em calibração de instrumentos topográficos e geodésicos.

1.3 Justificativa e motivação para esta pesquisa

É uma tarefa dos profissionais que trabalham na área de Mensuração discutir os temas que envolvam a manutenção/calibração de instrumentos geodésicos em ambiente laboratorial e o uso de padrões específicos voltados às áreas de instrumentação e de sistema de gestão da qualidade. Para isso, esta pesquisa discute as normas ISO 17123, NBR ISO/IEC 17025:2005, ABNT NBR ISO 9001:2000 e os métodos compactos para laboratório voltados para testes em estações totais e instrumentos EDM. Com esta abordagem, este trabalho busca discutir os temas que envolvem as normas específicas e os métodos voltados para a calibração instrumental.

A área de Mensuração vem, nos últimos anos, sendo submetida a uma rápida evolução tanto na parte técnica, como na parte de equipamentos. Os profissionais desta área vêm utilizando equipamentos que permitem atingir resultados mais rapidamente e de forma mais precisa. Contudo, uma discussão sobre como usá-los corretamente e quais as suas aplicabilidades para o objetivo proposto torna-se necessário.

A norma ISO 17123, tema sobre a qual versa esta pesquisa, ainda é um padrão que precisa ser mais explorado pelos profissionais da área de Mensuração. Portanto, é de significativa relevância a produção de um trabalho que tenha o propósito de

disseminar a idéia da padronização laboratorial e a criação de padrões específicos para a instrumentação usada por esses profissionais.

1.4 Estrutura da pesquisa

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos. A seguir é apresentada uma exposição de cada capítulo.

No capítulo 2 apresenta-se a fundamentação teórica, por meio da revisão bibliográfica e dos conceitos fundamentais sobre os instrumentos topográficos e geodésicos, Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e padronização.

No capítulo 3 descreve-se sobre a importância da calibração instrumental, apresentam-se os erros que são passíveis de calibração em teodolitos, estações totais, níveis e antenas de receptores GNSS. É feita uma análise da acurácia dos instrumentos auxiliares, tripé, base nivelante e prisma. São apresentadas as normas ISO 17123-2 e ISO 17123-3 com os seus procedimentos voltados para a calibração dos instrumentos topográficos e geodésicos. Também é apresentado o método compacto adaptado da norma ISO 17123-3 para laboratórios e o método compacto usado para a verificação da acurácia dos instrumentos EDM. Por fim neste capítulo são apresentados exemplos de instituições nacionais que trabalham com a manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos.

No capítulo 4 define-se um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos. Apresenta-se a estrutura mínima (física e de pessoal) necessária para a concepção de um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos e as atribuições possíveis neste laboratório. Explica-se como é o SGQ voltado para um laboratório de calibração e o motivo pela implantação e as vantagens decorrentes da mesma. Define-se o certificado de calibração, qual é a sua função, e os requisitos para a emissão. Ao final é feita uma apresentação dos certificados emitidos pela Leica Geosystems e uma exposição de

forma ilustrativa do BMP Renta Ltda., que é um laboratório específico para calibração de instrumentos topográficos e geodésicos.

O capítulo 5 trata das conclusões obtidas a partir do desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, no capítulo 6 apresentam-se as referências bibliográficas que serviram de apoio para a elaboração deste texto.

Capítulo 2
REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Revisão da Literatura

A qualidade sendo usada como um instrumento estratégico da gestão global das empresas é um dos fatores determinantes para a competitividade das mesmas.

A idéia de "Qualidade" vem sofrendo mudanças ao longo dos últimos anos. Existem diversas definições para esse termo, o que torna difícil tomar uma em particular para adotá-la como uma definição padrão. Podemos considerar o século XX como sendo o século da Qualidade, período em que os conceitos deste tema sofreram uma evolução considerável em função das características do tipo de serviços prestados pelas empresas. O foco nos usuários e nos clientes é importante, especialmente em empresas de prestação de serviços, como os laboratórios de manutenção/calibração de instrumentos de geodésia. Realmente o que motiva o cliente a utilizar um determinado serviço é o fato de este atender as suas necessidades, satisfazendo também suas preferências. Assim, é importante que os laboratórios ofereçam serviços que superem as expectativas de seus clientes, não atendendo apenas as próprias necessidades.

Em relação à pesquisa bibliográfica sobre o tema da gestão da qualidade para laboratórios de manutenção/calibração de equipamentos de medições é oportuno ressaltar os trabalhos relacionados a seguir:

Dzierzega e Scherrer (2003) desenvolveram um método compacto voltado para laboratórios que trabalham com a verificação da precisão angular e medição de distâncias. A norma ISO 17123:2001-3 traz métodos de campo para a verificação angular e medição de distância. Os autores adaptaram para laboratório os tais métodos de campo apresentados na norma. Tal adequação é ideal para laboratórios, centros de serviços ou instituições que possuem espaço disponível limitado.

Takalo e Rouhiainen (2004) desenvolveram uma operação para nivelamento de alta precisão utilizando miras com códigos de barras e uma câmera CCD linear. Os autores, além de demonstrarem como foi realizado o procedimento de nivelamento digital, abordaram a importância do sistema de calibração. Pelo nível de precisão alcançado, eles propõem que tal sistema seja usado como padrão para determinação da precisão de nivelamentos geométricos.

Khalil (2005) descreveu um método laboratorial para a verificação da acurácia da medição de distância usando EDM e estação total. O método apresentado está de acordo com as restrições existentes para laboratório e dispensa a montagem de refletores fora do ambiente laboratorial. Para estas medições foi desenvolvido e testado um modelo matemático que na prática obteve resultados satisfatórios. A precisão do método compacto foi a mesma obtida no procedimento desenvolvido pela norma ISO 17123. Ao final do experimento, o autor concluiu que o mesmo é eficiente, atende as necessidades de um laboratório, contudo, a exatidão e a precisão do método proposto podem ainda ser melhoradas.

Brum (2005) procurou realizar o trabalho de verificação e classificação de níveis no centro de excelência da Universidade Federal de Santa Catarina a partir das normas formuladas pelo DIN – Deutsches Institut fur Normung: DIN 18723 – 1 e DIN 18723 – 2. Seu objetivo maior era implementar uma linha-base n,a Universidade Federal do Paraná para classificar níveis nas condições existente no campo. Para isso foram realizados levantamentos de campo sob os requisitos da norma ISO 17123 – 1 e ISO 17123 – 2, as quais especificam os procedimentos de campo necessários para a verificação da precisão de níveis. A partir dos processos propostos pela ISO foi possível avaliar se a precisão dos equipamentos usados estavam dentro dos valores instituídos pelos fabricantes. A metodologia sugerida pela DIN para nivelamento de uma linha base também foi eficiente para a determinação do desvio padrão para 1 Km de duplo nivelamento. O autor concluiu que a existência de padrões referentes à verificação e classificação de níveis e outros instrumentos topográficos e geodésicos são importantes para a conservação da qualidade de todos os equipamentos usados em campo.

Martin e Gatta (2006) buscaram fazer uma análise das atividades desenvolvidas no European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), laboratório acreditado (ISO/CEI 17025) pela COFRAC. Os autores buscaram analisar os trabalhos de calibração dos distanciômetros eletromagnéticos (EDM), além da calibração dos distanciômetros a laser absoluto (ADM). Também foi feita uma análise da capacidade de medir ângulos das estações robóticas (RTS) e os rastreadores a laser. Ao final do trabalho, os autores observaram que os topógrafos estão cada vez mais envolvidos no processo de padronização e que este envolvimento é claramente apoiado pelos profissionais de agrimensura e da FIG (International Federation de Geometres), prova disso é o padrão ISO 17123 usado em testes de instrumentos de medição.

Junior (2007) propôs a investigação de um método de calibração de antenas de receptores GNSS para a primeira base de calibração das mesmas no Brasil. O autor realizou experimentos baseados em medições geodésicas e processamentos computacionais para a calibração de alguns modelos de antenas, dos fabricantes Trimble e Leica. Realizou as correções do centro de fase (PCO e PCV) utilizando programas específicos e as correções estavam devidamente representadas em diagramas de fase através de programas computacionais. Ao fim, o autor apresentou os resultados obtidos com as antenas da fabricante Trimble (modelo TRM22020.00+GP) e da fabricante Leica Geosystems (modelo LEIAT502). Constatou-se que as antenas do fabricante Trimble possuem comportamento eletrônico mais homogêneo que as antenas do fabricante Leica Geosystems, as quais são mais sensíveis às influências dos efeitos de multicaminho. Demonstrou que as antenas GPS testadas possuem comportamento eletrônico distinto e estão submetidas às intervenções do multicaminho dos sinais, que altera a característica de recepção do sinal e causam erros de até 1 cm no PCO. O efeito do multicaminho foi analisado considerando diferentes alturas de antena e o objetivo foi alcançado com o uso de dois adaptadores de diferentes comprimentos e um programa computacional para a detecção, localização e quantidade dos efeitos. Através de estudos realizados para detectar a SNR (Razão sinal-ruído) de observações conduzidas em diferentes cenários foi apresentado que a SNR pode ser uma ferramenta para avaliar a qualidade das observações GPS. Também foram realizadas as observações iniciais em dois pilares geodésicos que compõem a 1ª BCALBR – Primeira Base de Calibração

de Antenas GNSS no Brasil a ser instalada segundo as normas internacionais para levantamentos geodésicos de precisão. Foram instalados receptores para a realização dos primeiros rastreios na base. Ao fim do levantamento, os dados foram usados para a realização das análises inicias dos efeitos do multicaminho e foram usados valores para correção do erro do centro de fase da antena.

Silva (2008) buscou reparar algumas questões da instrumentação geodésica. A autora procurando atender as carências da comunidade usuária de equipamento de medição angular, no que diz respeito à classificação angular horizontal e vertical, propôs desenvolver uma método de baixo custo para a formação de um laboratório de classificação angular horizontal e vertical baseado na norma ISO 17123-3. A autora buscou adaptar os testes realizados em campo para um laboratório utilizando-se colimadores, os que permitem a realização de testes em ambiente que sejam realmente adequados, garantindo a qualidade dos resultados. Além disso, a autora empenhou-se em produzir um método para avaliar a isenção de erros nas leituras das direções horizontais em virtude do desgaste do aparelho. O objetivo da criação do laboratório é a realização de classificação angular horizontal e vertical de teodolitos e estações totais em ambientes que sejam tecnicamente controlados, o que é possível em campo.

Tomasi (2005) buscou apresentar como é importante ter um gerenciamento de rotina em uma organização, em virtude da competitividade em todo o mercado. Para o autor, ter um sistema de gerenciamento de instrumentos de medição é fundamental para a garantia da confiabilidade nas medições e, conseqüentemente, melhorar a qualidade dos produtos. Através de seu trabalho pode-se definir, padronizar e executar todas as principais atividades de rotina da metrologia com mais eficácia e maior eficiência utilizando gráficos indicadores de cada atividade desenvolvida no laboratório foi possível a gerência acompanhar melhor estas atividades. Além disso, foi possível notar que o grau de comprometimento e motivação dos trabalhadores teve uma melhora notável, já que com suas atividades bem definidas e padronizadas, cada funcionário ficou informado exatamente o que é de sua competência, prevalecendo neste caso, a força do autocontrole, juntamente

com o raciocínio, podendo inclusive ser avaliada a possibilidade da ausência de um chefe.

Bručas et al (2006) apresentam a criação de uma bancada de testes indicada para realizar o ensaio e calibração de instrumentos geodésicos e analisaram a exatidão dos testes realizados por esta bancada. Como resultado do estudo, os autores apresentam métodos de calibração angular e demonstram que para esta é necessário um grande número de valores angulares comparados com valores angulares de referência. Por fim, os autores expõem que foi construído, e investigado, um dispositivo de instrumento geodésico para a calibração de ângulos horizontais.

Bastos (1996) buscou evidenciar que o mercado está ficando mais exigente, sendo muito natural que se busque uma maior confiabilidade e exatidão nos processos de fabricação e assim, a calibração vem se demonstrando um fator importante na empresa.

Magalhães (2006) trata o Sistema de Gestão da Qualidade para os laboratórios de metrologia de acordo com a NBR ISO/IEC 17025:2005. O autor apresenta a aplicação da norma nos laboratórios de ensaio e calibração, demonstra os requisitos de uma acreditação (credenciamento) laboratorial realizado pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, descrevendo sobre a homologação feita pela RBMG – Rede Metrológica de Minas Gerais e descreve a aplicação no laboratório de metrologia da UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá). Discutiu a importância do envolvimento de todos os funcionários na implantação do SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade, no laboratório de metrologia. Mostrou que, para a implantação do SGQ, são necessárias mudanças nos equipamentos e no comportamento do pessoal envolvido. A importância do treinamento de pessoal é ressaltada. Apresentou também as dimensões da qualidade: Sistema da Qualidade (SQ), Manual da Qualidade (MQ) e a Política da Qualidade (PQ). Além disso, discutiu as principais dificuldades de implantação da NBR ISO/IEC 17025:2005, as vantagens da acreditação para as organizações, para

os usuários e para os avaliadores ou auditores. Por fim, apresentou o andamento do processo de acreditação no laboratório da UNIFEI.

O trabalho desenvolvido por Slaboch, Lechner e Pizur (2003) é importante pelo fato de apresentar a acreditação através da norma ISO/IEC 17025:2000 de um laboratório que trabalha com pesquisas nas áreas de geodésia, topografia e cartografia. O artigo apresenta alguns detalhes do VUGTK (Institute of Geodesy, Topography and Cartography), um instituto localizado na República Tcheca que possui as suas atividades voltadas para a verificação, calibração e testes em todos os tipos de instrumentos geodésicos, incluindo os seus acessórios. O VUGTK é um laboratório que administra um AMC (Autorised Metrology Centre) de verificação de determinados instrumentos de medição. Os instrumentos que não são autorizados a serem calibrados no instituto são encaminhados para a calibração no ACL (Acredited calibration laboratory), que é um dos laboratórios associados ao CMI (Czech Metrology Institute). O ACL do VUGTK foi criado em 1999 para atender as necessidades do público profissional de calibração de instrumentos geodésicos. Os autores afirmam que dentre as principais atividades desenvolvidas pelo VUGTK estão incluídas pesquisas no desenvolvimento da metrologia, padronização e sistema de qualidade voltada à geodésia, cartografia e informação geográfica. Apresentam a estrutura do sistema de qualidade, que foi baseado na norma EN ISO 9001 e as documentações usadas para acreditação laboratorial de acordo com a ISO/IEC 17025:2000. Também são anexadas a esse trabalho:

- As informações para o desenvolvimento do sistema da qualidade;
- Implantação da ISO/IEC 17025:2000 nos laboratórios de calibração do VUGTK;
- A estrutura das atividades metrológicas do VUGTK;
- A lista de procedimentos administrativos ou gerais e técnicos para o processo de acreditação.

Com a proposta de informar sobre os desenvolvimentos nos padrões de campo para instrumentos de topografia e métodos topográficos, Becker (2000) desenvolveu uma pesquisa que ressaltou a importância da padronização e apresentou as áreas da

agrimensura que mais sofreram modificações que, na opinião do autor, são as mais relevantes para os trabalhos de posicionamento, a saber:

- Normas para os aparelhos de medição;
- Normas para os laboratórios de calibração e testes em equipamentos de agrimensura;

No trabalho desenvolvido por Yavuz e Ersoy (2006) foi apresentada a importância da normatização na área de Engenharia de Agrimensura. Mostraram como o trabalho desenvolvido pelos profissionais dessa área necessita seguir padrões, tanto no processo de produção quanto no trabalho desenvolvido por eles, sejam engenheiros, técnicos em agrimensura, entre outros. Apresentam as vantagens das normas para os trabalhos de agrimensura e as instituições responsáveis pela criação das normas envolvidas.

Greenway (2004) procurou esclarecer os seguintes questionamentos:

- Quais são os padrões usados na área de agrimensura?
- Como os padrões podem atingir a vida profissional de um agrimensor?
- Os padrões são favoráveis ou contrários ao desenvolvimento do trabalho de um agrimensor?
- Qual é a postura do profissional frente a existência de padrões específicos à instrumentação usada na área de agrimensura?
- Quais são os órgãos que estão envolvidos na formulação de padrões específicos para a instrumentação ótica?
- Quais são os padrões e organismos existentes na área da inspeção?
- Quais são os trabalhos desenvolvidos pela FIG – Fédération Interantionale des Geometres (Copenhagen – Dinamarca) e quais são os planos futuros da organização?

Ao fim do trabalho, Greenway concluiu que a existência de padrões é um fato positivo na vida profissional de um agrimensor. Também observou que a FIG detém uma participação efetiva nos trabalhos desenvolvidos pela ISO que envolvam a

instrumentação de precisão e que almeja futuramente aumentar sua rede de padrões voltados para a medição.

Bručas Giniotis e Petroškevičius (2006) apresentaram a criação e a pesquisa preliminar da precisão de uma bancada projetada para a realização de ensaios e calibrações de instrumentos topográficos e geodésicos como teodolitos mecânicos, teodolitos digitais e estações totais. Os autores apresentam as normas usadas para a calibração desses instrumentos, as especificações técnicas voltadas para ângulos, de acordo com os dispositivos de medidas, as especificações técnicas voltadas para os teodolitos eletrônicos. Ao fim do trabalho, os autores chegaram, dentre outras conclusões, que os testes de medições preliminares foram realizados, provando que, apesar dos resultados serem bons, o equipamento de ensaio deve ser modificado de forma a aumentar a precisão da calibração.

Zeiske (2001) apresentou em seu trabalho o comitê técnico ISO/TC 172 – Optical and optical instruments e os seus sub-comitês, em especial o ISO/TC 172/SC 6 – Geodetic and surveying instruments, que é voltado para os instrumentos de agrimensura. E por fim, no mesmo trabalho mostrou os padrões publicados pela SC 6 (Subcommittee 6) e as tarefas realizadas pela mesma.

Leica Geosystems (2001) divulgou um boletim em que apresentava a importância calibração instrumental. No mesmo artigo são apresentados os eixos da estação total e os possíveis erros instrumentais, erro de colimação, erros do eixo inclinado, erro do índice vertical, erro do eixo horizontal, erro de índice compensador e a calibração ATR (Automatic Target Recognition).

Leica Geosystems (2000) publicou um informativo que tratava da constante aditiva do EDM, que é um tema que sempre foi difícil de entender. Atualmente com o uso de refletores, fitas adesivas, as dúvidas podem ter aumentado. As inconsistências sobre a terminologia usada no que diz respeito à constante aditiva podem ser encontradas em manuais, artigos e até mesmo em livros. Por isso foi lançado um boletim no qual em são expressas de forma clara as definições que envolvem o tema e a forma correta de se calcular uma constante aditiva.

Capítulo 3

CONCEITOS FUNDAMENTAIS E DETALHES DA INSTRUMENTAÇÃO USADA NA PESQUISA

3.1 Conceitos Fundamentais

A seguir serão apresentados alguns termos técnicos que podem contribuir para a compreensão do conteúdo abordado neste trabalho, como também para aprofundar a discussão da terminologia aplicada em instrumentação e metrologia no contexto desta pesquisa.

Através da publicação das brochuras "Vocabulário de Metrologia Legal" e "Vocabulário de termos fundamentais e gerais de metrologia", realizada em 1989, o INMETRO define os termos como aferição, calibração que são abordados nesta pesquisa.

Calibração

Conjunto de operações que estabelece, em condições especiais, a correspondência entre o estímulo e a resposta de um instrumento de medir, sistema de medir ou mostrador de medição.

De acordo com o VIM (2007), o resultado de uma calibração permite tanto o estabelecimento dos valores do mensurando para as indicações quanto a determinação das correções a serem aplicadas.

Verificação e Retificação

Os operadores de equipamentos topográficos devem periodicamente, antes de iniciar o trabalho em campo, verificar as condições de retificação dos mesmos. Entende-se por verificar um instrumento, a comprovação de que seu funcionamento está correto. De acordo com Cunha (1983), sem essa precaução, os resultados poderão estar comprometidos e não se poderá ter segurança quanto à qualidade dos dados levantados.

Classificação

Segundo a norma brasileira NBR13133:1994 (Execução de levantamentos topográficos), classificar consiste em distribuir em categoria ou grupos a partir de um sistema de classificação. Tal norma define as divisões que devem ser enquadradas nos instrumentos baseados no desvio padrão de um conjunto de observações obtidas seguindo uma metodologia própria (NBR 13133, 1994). Serão apresentadas as tabelas (3.1, 3.2, 3.3, 3.4) de classificações dos instrumentos que estão envolvidos nesta norma: teodolitos, níveis e medidores eletrônicos de distâncias (MED).

A DIN 18723 traz que os teodolitos são classificados de acordo com o desvio padrão de uma direção observada nas duas posições (PD e PI) da luneta (A tabela 3.1 é uma transcrição da norma NBR13133:1994 faz referência a esta norma internacional). A classificação de teodolito, conforme a DIN 18723, é normalmente definida pelos fabricantes. Em caso contrário, deve ser realizada por entidades oficiais e/ou universidades, em bases apropriadas para a classificação de teodolitos.

Tabela 3.1:Classificação de teodolitos

Classes de teodolitos	Desvio-padrão Precisão angular
1 – precisão baixa	$\leq \pm 30''$
2 – precisão média	$\leq \pm 07''$
3 – precisão alta	$\leq \pm 02''$

Fonte: Norma ABNT NBR 13133:1994

Os níveis são classificados de acordo com o desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento. Ver a Tabela 3.2:

Tabela 3.2: Classificação de Níveis

Classes de teodolitos	Desvio-padrão
1 – precisão baixa	$\geq \pm 10 mm/km$
2 – precisão média	$\leq \pm 10 mm/km$
3 – precisão alta	$\leq \pm 3 mm/km$
4 – precisão muito alta	$\leq \pm 1 mm/km$

Fonte: Norma ABNT NBR 13133:1994

Os MED são classificados de acordo com o desvio-padrão que os caracteriza. Ver Tabela 3.3:

Tabela 3.3: Classificação do MED

Classes de teodolitos	Desvio-padrão
1 – precisão baixa	$\pm(10mm + 10\,ppm \times D)$
2 – precisão média	$\pm(5mm + 5\,ppm \times D)$
3 – precisão alta	$\pm(3mm + 2\,ppm \times D)$

Fonte: Norma ABNT NBR 13133:1994

D = Distância medida em km e

ppm = parte por milhão.

As estações totais são classificadas de acordo com os desvios-padrão que as caracterizam, de acordo com a Tabela 3.4:

Tabela 3.4: Classificação de estações totais

Classes de estações totais	Desvio-padrão Precisão angular	Desvio-padrão Precisão linear
1 – precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm(5mm + 10\,ppm \times D)$
2 – precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm(5mm + 5\,ppm \times D)$
3 – precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm(3mm + 3\,ppm \times D)$

Fonte: Norma ABNT NBR 13133:1994

Exatidão (Acurácia)

A exatidão denota uma absoluta aproximação das quantidades de medidas aos seus valores verdadeiros.

Precisão

A precisão refere-se ao grau de refinamento ou a coerência de um grupo de medições e se avalia com base na magnitude das discrepâncias. Se forem feitas múltiplas medições da mesma quantidade e surgir pequenas discrepâncias, isso reflete uma alta precisão. O grau de precisão possível depende da sensibilidade do equipamento utilizado e da habilidade do observador.

A diferença entre precisão e exatidão é mais notável ao observarmos um alvo. Na Figura 3.1(a), por exemplo, os cinco tiros encontram-se dentro de um estreito agrupamento, que indica uma operação precisa, quer dizer, o atirador pode repetir o procedimento com um alto grau de consistência. Entretanto, os tiros ficaram longe do centro do alvo e, portanto, não foi exato. Eventualmente esta seja o resultado de um desalinhamento da mira do canhão. A Figura 3.1(b) mostra tiros dispersos que não são nem precisos e nem exatos. Na Figura 3.1(c), o agrupamento no centro do alvo representa tanto precisão quanto exatidão. O atirador que obteve os resultados na Figura 3.1(a) talvez possa fazer os tiros da Figura 3.1(c) após alinhar a mira do canhão. Em topografia isto equivalerá a calibrar os instrumentos de medição.

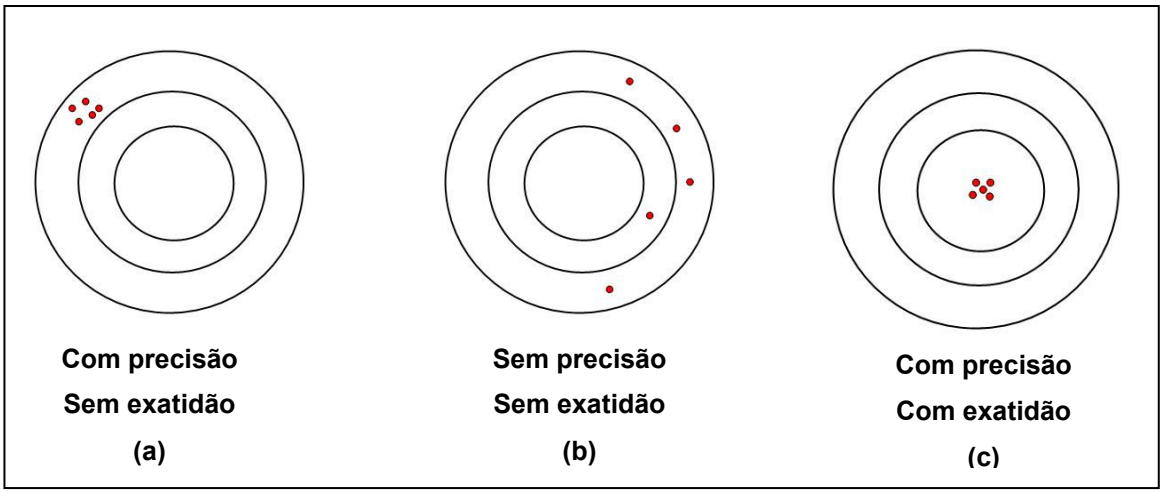


Figura 3.1: Diferença entre precisão e exatidão (acurácia)

Certificação

É um processo pelo qual um organismo imparcial já certificado, atesta por escrito que o sistema ou pessoas são competentes para realizar tarefas especificas.

Certificado de calibração

Os certificados de calibração são documentos que mostram os resultados das medições realizadas com o instrumento ao compará-lo com um padrão de referência que seja rastreável a um padrão nacional e/ou internacional. Servem para confirmar que os aparelhos foram inspecionados, os mesmos não são completados por relatórios de medição e só podem ser emitidos por laboratórios de calibração com acreditação nacional, que possuam marca registrada e que emitam o número do certificado e calibração.

Incerteza de medição

Parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando.

Instrumento de medição

Dispositivo utilizado para medições, sozinho ou em conjunto com dispositivo(s) complementar (es).

Metrologia

Metrologia é o nome dado à ciência que agrupa os conhecimentos sobre a arte de medir e interpretar as medições realizadas. Abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia.

Metrologia Científica

Parte da metrologia que trata da pesquisa e manutenção dos padrões primários. No Brasil o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) é o órgão que detém os padrões nacionais, no Laboratório Nacional de Metrologia, e que é encarregado de repassar os valores dos mesmos aos demais laboratórios nacionais, inclusive aos responsáveis pela metrologia legal.

Medição

Segundo VIM (2007), é conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza (VIM - 2.1).

Medir

É a ação de avaliar uma grandeza comparando-a com outra de mesma espécie, adotada como referência (Silva, 2004).

Sistemas de medidas ou sistemas de unidades de medidas

Nome dado ao conjunto de medidas ou unidades de medidas de diferentes espécies agrupadas de maneira coerente e que são utilizadas em diferentes ramos da atividade humana (Silva, 2004).

Unidade de medida

Unidade de medidas é um conjunto abstrato usado para expressar o valor unitário da medida de determinada grandeza, com a qual outras grandezas de mesma natureza são comparadas para expressar suas magnitudes em relação àquela grandeza específica. Geralmente uma unidade de medida é fixada por definição e é independente de condições físicas. (Silva. 2004).

Padrão de medida

Padrão de medida é um nome dado ao objeto ou fenômeno natural (incluindo constantes físicas e propriedades específicas de substâncias) usado como referência para definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade de medida.

Padrão primário

Padrão que é designado ou amplamente reconhecido como tendo as mais altas qualidades metrológicas e cujo valor é aceito sem referência para outros padrões de mesma grandeza.

Padrão Secundário

Padrão cujo valor é estabelecido por comparação a um padrão primário da mesma grandeza.

Padrão Internacional

Padrão reconhecido por um acordo internacional para servir, internacionalmente, como base para estabelecer valores para outros padrões da grandeza a que se refere.

Padrão Nacional

Padrão reconhecido por uma decisão nacional para servir, em um país, como base para estabelecer valores a outros padrões da grandeza a que se refere.

Padrão de referência

Padrão, geralmente tendo a mais alta qualidade metrológica disponível em um dado local ou em uma dada organização, a partir do qual as medições lá executadas são derivadas.

Padrão de Trabalho

Padrão utilizado rotineiramente para calibrar ou controlar medidas materializadas, instrumentos de medição ou materiais de referência.

Resolução

Resolução de uma medida é o algarismo menos significativo que pode ser medido, e depende do instrumento utilizado para realizar a medida.

Rastreabilidade

Segundo a VIM (2007), rastreabilidade é a propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.

De um modo mais simples, rastrear é manter os registros necessários para identificar e informar os dados relativos a origem e ao destino de um produto. É pesquisar ao máximo sobre algum produto ou serviço (o que é, de onde veio, como foi feito e pra onde foi).

Os padrões nacionais e internacionais são normalmente sustentados pelos Institutos Nacionais de Metrologia (INM) de cada país, como a Diretoria de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro (Dimci/Inmetro) no Brasil, o NPL no Reino Unido e o PTB na Alemanha. Os Institutos Nacionais de Metrologia estão na extremidade da hierarquia metrológica em um país e são responsáveis por estabelecer e divulgar as unidades de medida aos usuários, sejam eles cientistas, autoridades públicas, laboratórios ou indústrias.

1. Nos casos em que o INM possui condições de efetivar a unidade SI (Sistema Internacional de Unidades) para uma determinada grandeza, o padrão nacional torna-se idêntico ao padrão primário que realiza a unidade. Caso contrário, ele precisa garantir que as suas medições sejam rastreáveis ao padrão primário, calibrando seus padrões em um INM de outro país que mantenha o padrão primário dessa grandeza.

Para que a rastreabilidade de uma medição seja caracterizada, não é suficiente que o laboratório calibre seus equipamentos e disponha dos certificados de calibração correspondentes. É preciso ir além, pois um certificado de calibração não fornece, essencialmente, informações sobre a competência dos laboratórios que realizam as calibrações que formam a cadeia de rastreabilidade. Assim, é necessário que se considere também alguns outros elementos que são fundamentais para que se possa

afirmar que o resultado de medições é rastreável a um padrão nacional ou internacional, tais como:

- Cadeia contínua de comparações, conduzindo até um padrão nacional ou internacional;
- Referência à unidade SI: a cadeia de comparações deve atingir os padrões primários para a realização da unidade do SI;
- Recalibrações: as calibrações devem ser repetidas a intervalos adequados, definidos em função de uma série de variáveis, tais como incerteza requerida, freqüência e modo de uso dos instrumentos de medição, estabilidade dos equipamentos, etc.;
- Incerteza de medição: a cada passo da cadeia de rastreabilidade, deve ser determinada a incerteza de medição, de acordo com métodos definidos, de forma que se obtenha uma incerteza total para a cadeia;
- Documentação: cada passo da cadeia de rastreabilidade deve ser realizado de acordo com procedimentos documentados, reconhecidos como adequados e os resultados obtidos devem ser registrados em um certificado de calibração;
- Competência: os laboratórios que realizam um ou mais passos de cadeia de rastreabilidade devem fornecer evidências da sua competência para a realização da calibração.

3.2 Detalhes da instrumentação utilizada na pesquisa

A seguir serão apresentados detalhes importantes para a instrumentação estudada nesta pesquisa. Seguem detalhes dos teodolitos e estações totais, níveis, colimadores, antenas GNSS, prismas e nível de bolha para bastão (nível de cantoneira).

3.2.1 Teodolitos e Estações Totais

O teodolito é um instrumento utilizado para realizar medições diretas de direções horizontais e ângulos verticais. Podem também ser utilizados para medir distâncias que, relacionadas com os ângulos verticais, permitem obter tanto a distância horizontal entre dois pontos quanto a diferença de nível entre os mesmos. Já as estações totais são equipamentos que combinam três componentes básicos, um instrumento medidor eletrônico de distância (EDM), um componente que mede eletronicamente os ângulos e um microprocessador. Apresenta-se a seguir os principais componentes de uma estação total. Ver Figura 3.2:

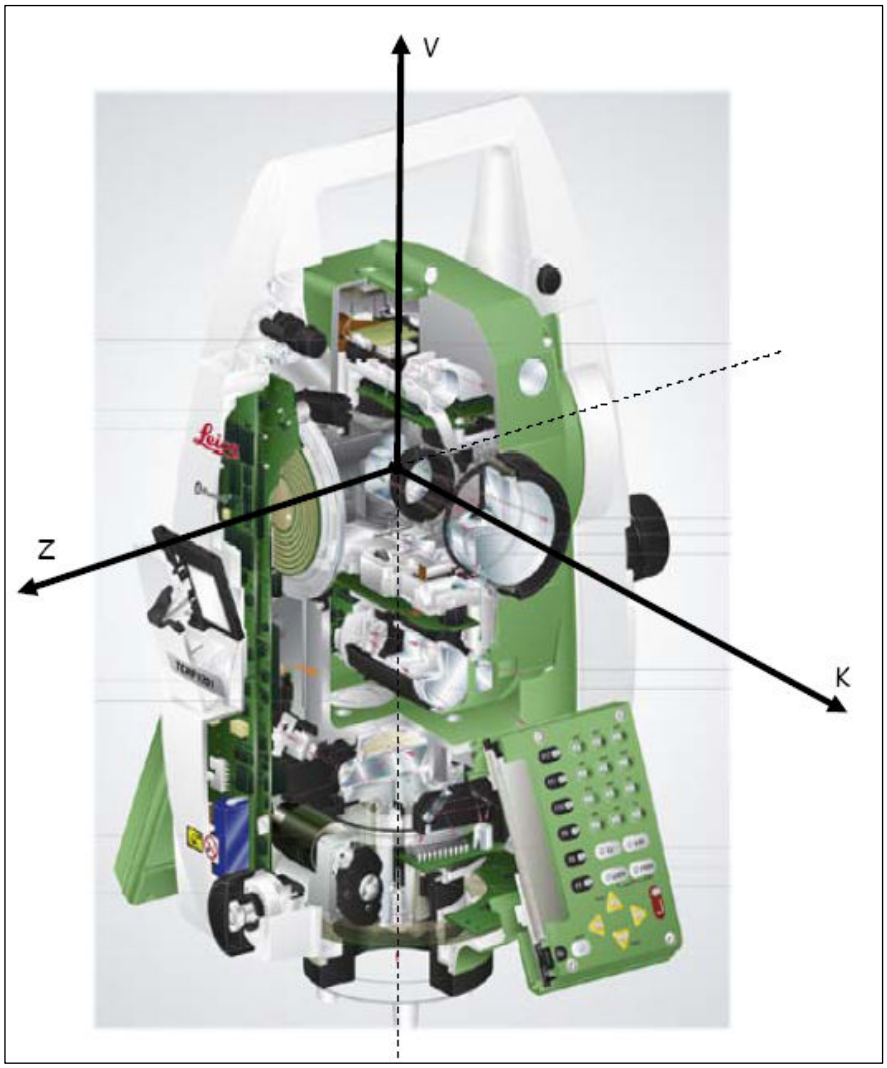


Figura 3.2: Principais componentes de uma estação total. (Fonte: Brum et al 2005).

3.2.1.1 Sistema de eixos dos teodolitos e estações totais

Eixo Vertical, Azimutal ou Principal (VV)

O Eixo Vertical (VV) é o eixo em torno do qual se realiza a rotação do aparelho. Trata-se do eixo principal do equipamento e o que define a posição vertical do mesmo. Possui, entre outras, a função de suportar o peso da estrutura do instrumento garantindo que a rotação em torno do mesmo coincida com a rotação em torno do centro do círculo graduado horizontal.

Eixo Horizontal, de Elevação ou Secundário (ZZ)

Dá-se o nome de eixo secundário ao eixo que está localizado perpendicularmente ao eixo vertical e em torno do qual gira a luneta do instrumento.

Eixo de Colimação ou de Observação (KK)

O Eixo de colimação é determinado pelo alinhamento dos centros óticos das lentes da luneta com o centro do retículo da mesma. Por construção ele deve ser perpendicular ao Eixo Vertical e ao Eixo Secundário.

3.2.1.2 Círculos Graduados

São círculos graduados de metal ou cristal (vidro) de forma que se leiam os ângulos no sentido azimutal (sentido horário – na sua maioria), no sentido anti-horário ou até nos dois sentidos.

Os círculos podem ter escalas demarcadas de diversas formas, como por exemplo:

- Tinta sobre plástico;
- Ranhuras sobre metal ou
- Traços gravados sobre cristal.

Os limbos podem funcionar por transparência ou por reflexão. A codificação sempre é feita utilizando elementos que interrompem ou não o caminho ótico entre a fonte emissora de luz e o fotodetector.

Nos casos gerais onde os limbos funcionam por transparência, os principais componentes físicos da leitura eletrônica de direções são dois, a saber:

- Um círculo de cristal com regiões claras e escuras (transparentes e opacas) codificadas através de um sistema de fotoleitura;
- Fotodiodos detectores da luz que atravessam o círculo graduado.

Existem basicamente dois princípios de codificação e medição, o absoluto (Figura 3.3) que fornece um valor angular para cada posição do círculo, e o relativo (Figura 3.4) que fornece o valor incremental a partir de uma origem, isto é, quando se gira o teodolito a partir de uma posição inicial.

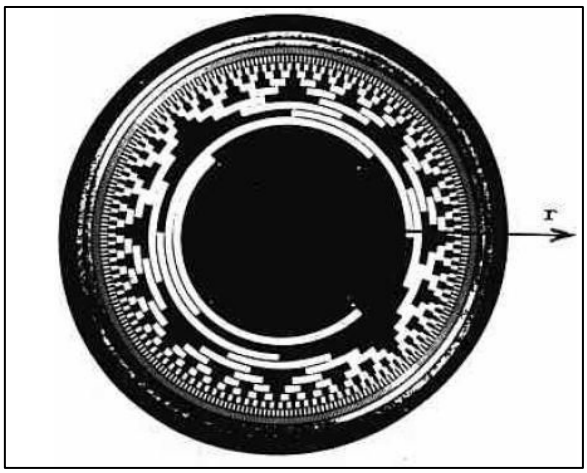


Figura 3.3: Sistema de codificação absoluto. (Fonte: Fundamentos de Topografia, 2007).

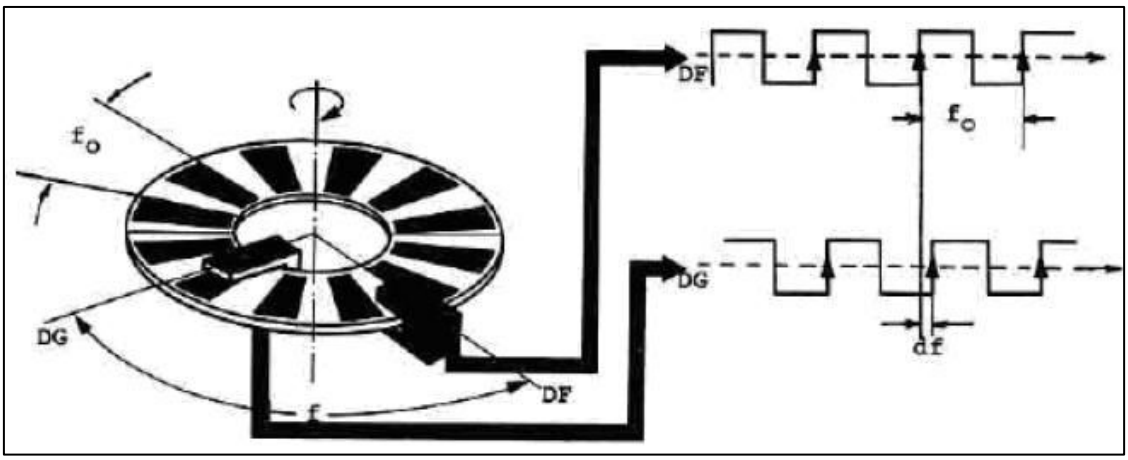


Figura 3.4: Modelo de limbo incremental (relativo). (Fonte: Fundamentos de Topografia, 2007).

Para se entender de maneira simplificada os princípios de funcionamento deve-se pensar em um círculo de vidro com uma série de traços opacos igualmente espaçados e com espessura igual a este espaçamento. Colocando uma fonte de luz de um lado do círculo e um fotodetector do outro é possível "contar" o número de pulsos "claro-escuros" que ocorrem quando o teodolito é girado, de uma posição para outra, para medir um ângulo. Esse número de pulsos pode ser então convertido e apresentado de forma digital em um visor.

3.2.1.3 Luneta de Visada

É o elemento de visada para a obtenção da imagem do objeto observado. É constituída de um tubo em cujas extremidades situam-se a ocular e a objetiva. Na extremidade da ocular estão localizados os retículos, formados por dois fios ortogonais: o fio nivelador (horizontal) e o fio colimador (vertical). Alguns equipamentos possuem também dois fios horizontais equidistantes do fio nivelador, que denominados de fios estadimétricos, que são utilizados para a avaliação de distâncias.

Em alguns instrumentos antigos, como o teodolito astronômico WILD T4, o poder de ampliação da luneta era de 80 vezes. Na maioria dos casos dos instrumentos atuais, entretanto, o poder de ampliação é de 30 vezes. Ver figura 3.5:

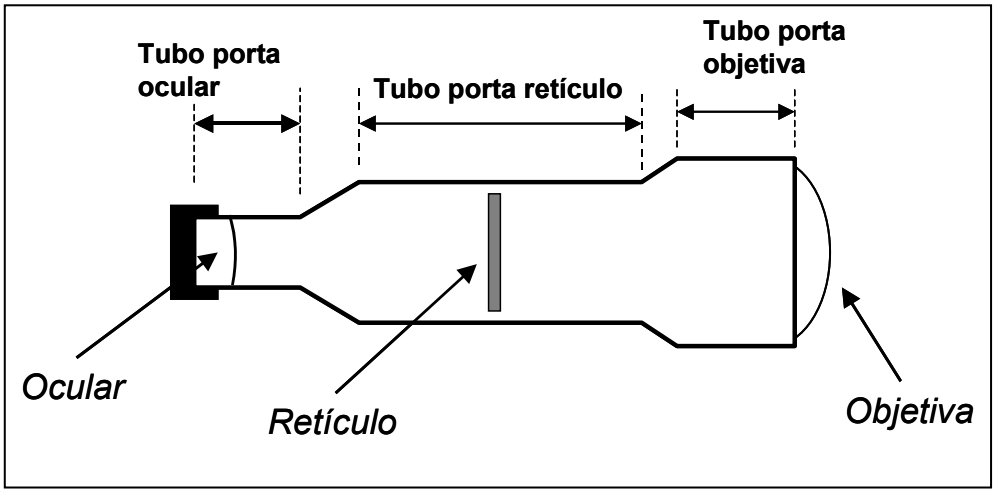


Figura 3. 5: Luneta

3.2.1.4 Níveis de bolha tubulares e níveis digitais

O nível de bolha tubular é um tubo de vidro fechado em suas extremidades e seu interior é parcialmente cheio de um líquido volátil capaz de conservar a bolha com uma proximidade relativamente estável para as variações normais da temperatura. Geralmente se usa álcool sintético purificado. Quando o tubo se inclina, a bolha se move sempre rumo ao ponto mais alto do tubo, porque o ar é mais leve que o líquido. A posição relativa da bolha está localizada através de graduações que ocorrem em intervalos mais ou menos regulares sobre a superfície exterior do tubo, espaçadas a uma distância de 2 mm. A orientação é a linha imaginária longitudinal central tangente à superfície superior interna do recipiente. Quando a bolha está no centro da sua trajetória, a orientação deve ser uma linha horizontal. Em um instrumento de nivelação que usa bolha niveladora, se esta for ajustada corretamente, sua linha de visada está em paralelo com a orientação do nível de bolha. Em seguida, ao centrar a bolha, a linha de visada fica na horizontal.

A sensibilidade do nível determina o raio de curvatura que se dá no processo de fabricação. O maior raio corresponde melhor sensibilidade da bolha. Em trabalhos de precisão é indispensável que a bolha seja muito sensível, mas uma grande sensibilidade pode as vezes ser um inconveniente em levantamentos pouco precisos.

Um movimento ligeiro da bolha deve ser acompanhada por uma mudança pequena, porém perceptível, na leitura observada a uma distância aproximada de 200 metros. A sensibilidade do nível expressa-se em duas formas:

a) Pelo ângulo, em segundos e;

b) Pelo raio de curvatura do tubo. Se uma divisão subtende um ângulo de 20” no centro, se diz que o nível tem bolhas de 20”. Uma bolha de 20” em um nível cujas divisões são de 2 mm, tem um raio de aproximadamente de 68 pés (20,726 metros). A sensibilidade dos níveis de bolha na maioria dos níveis de inclinação (e em níveis mais velhos com telescópio curto) varia de 20 a 40" aproximadamente.

A relação entre sensibilidade e o raio de curvatura se determina rapidamente. Se medido em radianos, um ângulo θ subtendido por um arco cujo raio e comprimento são de R e S, respectivamente, é dada por:

$$\theta = \frac{S}{R} \tag{3.1}$$

Então, para uma bolha de 20 "com divisões de 2 mm, no nível de bolha, por substituição:

$$\frac{20''}{206{,}265''/rad} = \frac{2mm}{R} \tag{3.2}$$

Resolvendo o valor de R,

$$R = \frac{2mm * 206{,}265/rad}{20''} = 20{,}625mm = 20.6m = 68\,pés$$ (aproximadamente)

A Figura 3.6 ilustra exemplos de níveis: esférico, tubular e digital.

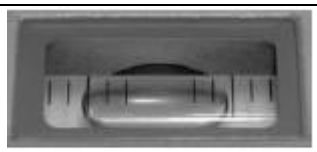
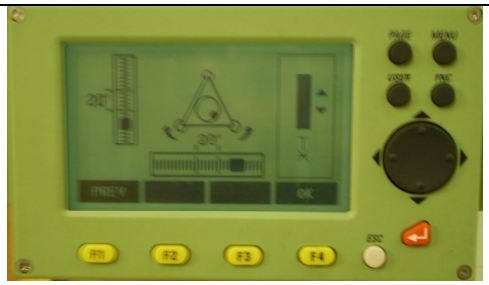
Nível Esférico
Nível Tubular

Nível Digital


Figura 3.6: Níveis utilizados para a verticalização do Eixo Principal

3.2.1.5 Parafusos de chamada:

Os parafusos de chamada são os elementos de ajuste. Eles são usados para se realizar os ajustes finos nas medições. Os parafusos de chamada se dividem em:

- Parafuso de chamada do limbo horizontal;
- Parafuso de chamada do limbo vertical; e
- Parafuso de chamada do movimento geral.

Tais elementos são indispensáveis para a obtenção de uma coincidência perfeita da linha de colimação com o objeto visado.

3.2.1.6 Parafusos calantes ou niveladores

Os parafusos calantes ou parafusos niveladores são utilizados para nivelar (calar) o instrumento a partir dos níveis de bolha ou nível digital. Como os mesmos encontram-se conectados a base nivelante, ao girá-los adequadamente, inclina-se o corpo do instrumento na direção desejada realizando assim o nivelamento do mesmo. Ver Figura 3.7:

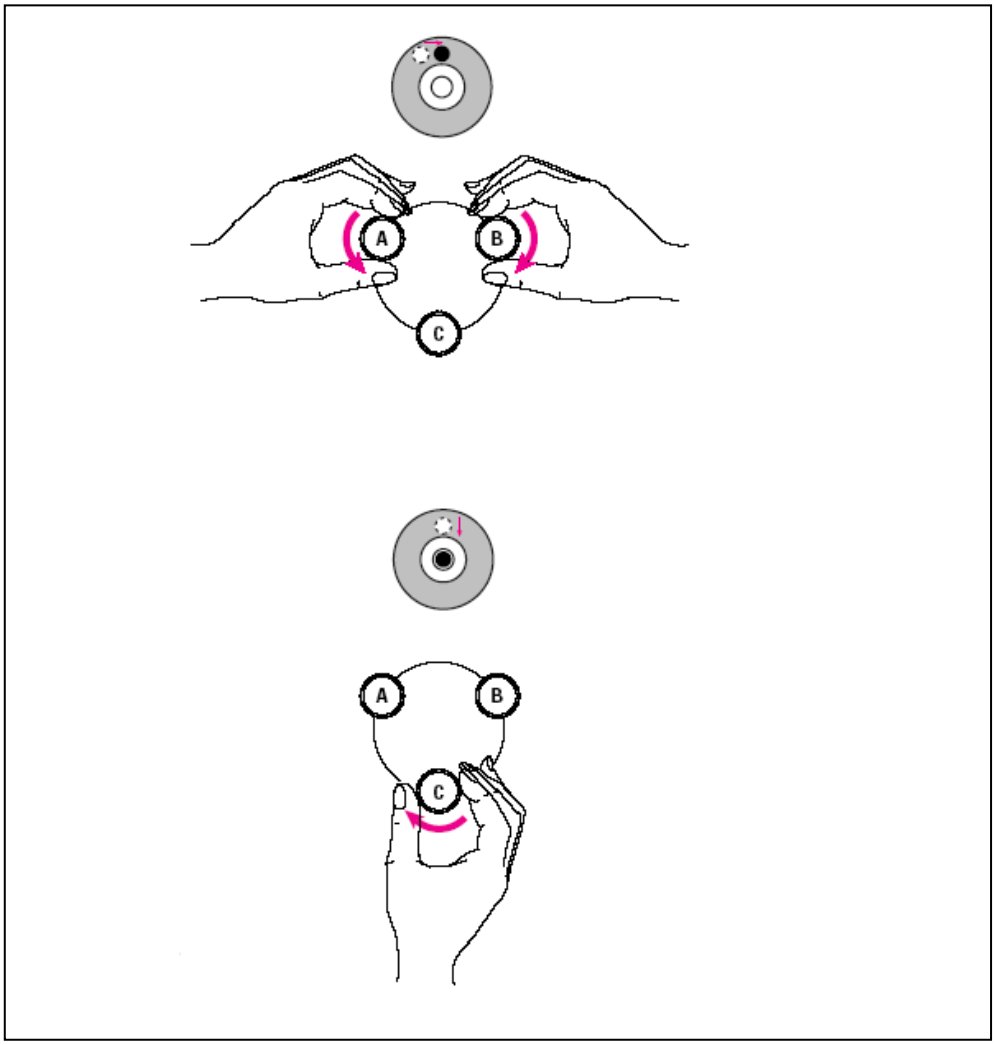


Figura 3.7: Parafusos calantes

Com auxílio da bolha cilíndrica, usam-se os parafusos calantes (três), coloca-se o eixo longitudinal da bolha cilíndrica paralelo a um par de parafusos, e mexendo nestes dois parafusos, simultaneamente, girando-os um no sentido horário e outro no anti-horário, até centralizar a bolha. Em seguida, gira-se o aparelho até que o

eixo longitudinal da bolha fique perpendicular com a posição anterior e girando o parafuso restante até que centralize a bolha. Dá-se um giro qualquer no aparelho e, se a bolha cilíndrica continuar centralizada, então o aparelho estará nivelado.

3.2.1.7 Base nivelante

Bases nivelantes são os instrumentos mais versáteis da agrimensura e devem ser periodicamente testados e ajustados. Bases nivelantes usam uma bolha circular para o nivelamento e podem ou não usar fio de prumo embutido. A seguir na Figura 3.8 é apresentada a seção transversal de uma base nivelante profissional da fabricante Leica Geosystems, modelo GDF 122.

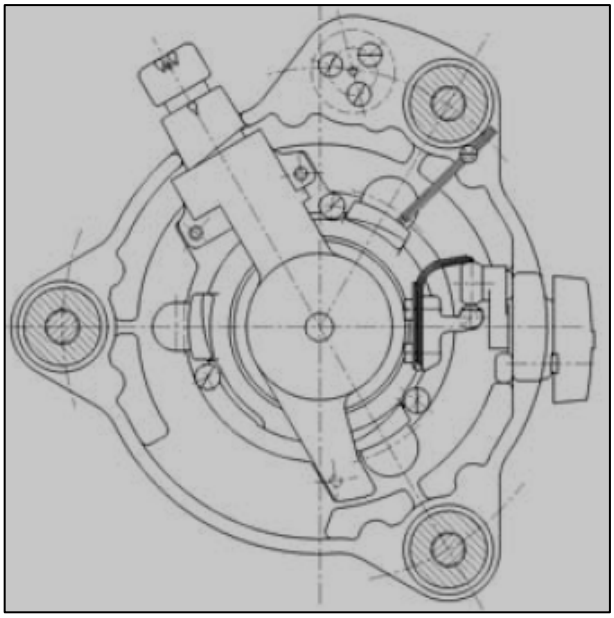


Figura 3.8: Seção Transversal de uma base nivelante

3.2.1.8 Visor para leitura das medições

As medições dos ângulos e das distâncias são feitas a partir de codificadores eletrônicos e exibidos em um visor instalado no corpo do instrumento. Ver Figura 3.9

Figura 3.9: Visor da estação total da fabricante Leica Geosystems, modelo TCA 1201+

3.2.1.9 Compensador de Inclinação

O compensador no interior do aparelho equilibra a inclinação do eixo vertical em direção ao ponto visado e faz com que a pontaria seja perfeitamente feita na horizontal.

As estações totais modernas estão equipadas com um duplo eixo compensador, que corrige automaticamente ângulos horizontais e verticais para qualquer desvio em relação à linha prumo.

3.2.1.10 EDM ou Medidor Eletrônico de Distância

Um avanço importante para a topografia, que ocorreu há aproximadamente 50 anos, foi a utilização de instrumentos para medição eletrônica de distâncias (MED). Estes mecanismos determinam a distância por meio da medição indireta do tempo que toma a energia eletromagnética de velocidade conhecida de viajar de um extremo da linha ao outro e regressar. Na prática, a energia se transmite de um extremo da linha a outro e regressa a um ponto inicial, desta maneira viaja o dobro da distância

da trajetória. Os instrumentos de MED tornaram possível medir distâncias exatas, de forma mais rápida e fácil. Se possível, uma linha direta de visada pode ser mensurada por distâncias longas ou em terrenos inacessíveis.

Na geração atual, os instrumentos de MED trazem incorporados teodolitos digitais e microprocessadores, para criar assim instrumentos de estação total. Tais instrumentos podem medir distâncias e ângulos simultaneamente e automaticamente. O microprocessador recebe o comprimento medido da inclinação e o ângulo zenital (ou vertical), calcula as componentes horizontais e verticais das distâncias, e as exibe em tempo real.

3.2.2 Níveis

Os níveis são instrumentos destinados à determinação de altura entre dois ou mais pontos sobre a superfície terrestre. De acordo com a classificação dos mesmos, eles podem alcançar precisões sub-milímétricas.

De acordo com Veiga[4] et al. (2003) apud Brum (2005), os níveis digitais possuem os mesmos componentes mecânicos e óticos de um instrumento tradicional, mas distingui no que se refere a forma de leitura. Esta baseia-se na decodificação de um código de barras existente na mira.

O movimento geral do aparelho realiza-se como no processo mecânico, ou seja, aponta-se o nível para a mira e realiza a focalização. Após isto, pressiona-se o botão de leitura e os dados são adquiridos e memorizados pelo instrumento.

---

[4] VEIGA, L. A. K. ; FAGGION, Pedro Luis ; FREITAS, Silvio Rogério Correia de ; SANTOS, Daniel Perozzo dos . Desníveis de primeira ordem com estação total. In: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - UFPR. (Org.). Série em Ciências Geodésicas: Novos desenvolvimentos da Ciências Geodésicas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003, v. 3, p. 155-166.

3.2.2.1 Sistema de eixos

Para que o usuário possa compreender melhor o funcionamento de um nível, na Figura 3.10 são apresentados os três eixos principais de um nível:

- Eixo principal ou e rotação (ZZ')
- Eixo ótico ou linha de visada ou eixo de colimação (OO')
- Eixo do nível tubular ou tangente central (HH')

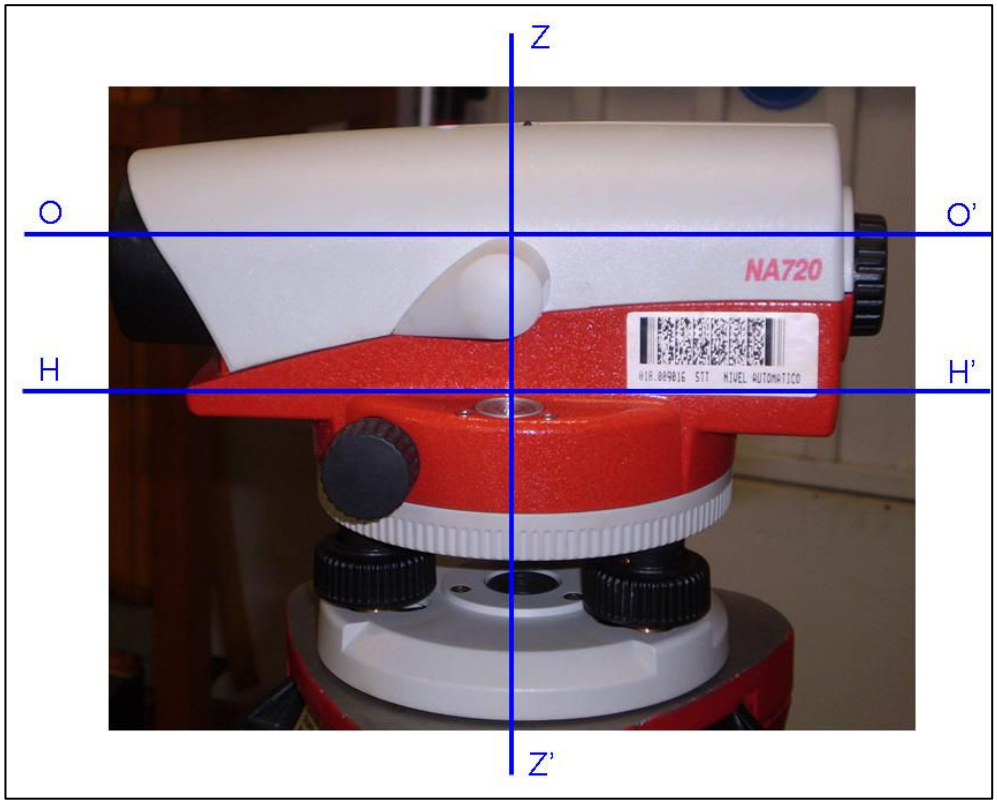


Figura 3.10: Sistema de eixo de um nível

Na Figura 3.11 são apresentados os principais componentes de um nível:

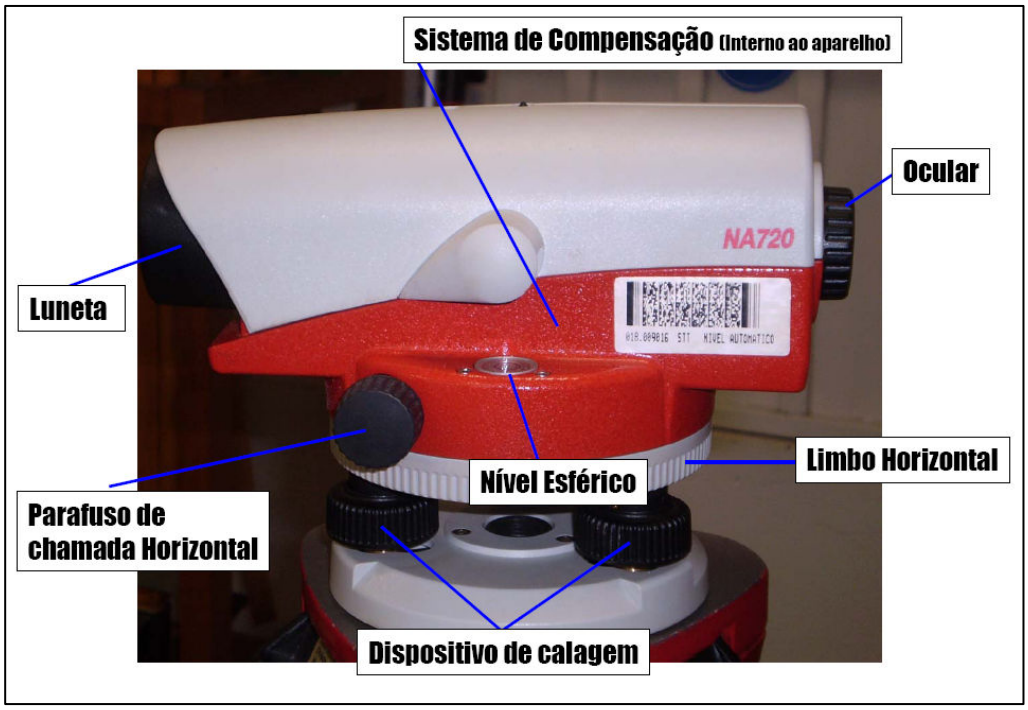


Figura 3.11: Principais componentes de um nível

Os autores classificam os níveis baseando-se no princípio de funcionamento ou na precisão dos mesmos.

Os níveis classificados como pertencentes a classe de transição são os equipamentos denominados como níveis de engenheiro (precisão maior que 10mm/km). A classe com equipamentos cuja precisão é maior que 3 mm/km corresponde aos denominados níveis de construção. Por fim, a classe com equipamentos cuja precisão é menor que 3 mm/km corresponde aos equipamentos considerados de precisão.

A Tabela 3.2 (pág. 37) traz a classificação de níveis de acordo com a norma ABNT NBR 13133:1994.

Para os propósitos deste trabalho os níveis serão classificados da seguinte forma:

- Níveis óticos mecânicos e automáticos;

- Níveis digitais; e
- Níveis laser.

A seguir descrevem-se as principais características de cada um dos tipos de níveis:

3.2.2.2 Níveis óticos mecânicos

Um nível ótico consiste de um telescópio equipado com nível de bolha ou compensador automático para garantir visadas longas horizontais e verticais usando mira graduada.

Os níveis óticos são classificados em níveis mecânicos e automáticos. Nos níveis óticos mecânicos, o nivelamento de calagem (fino) do aparelho é feito com o auxílio de níveis de bolha bipartida. Os níveis automáticos possuem um dispositivo de compensação, que mantém a linha horizontal de visada quando os instrumentos são nivelados. A linha de visada é nivelada automaticamente, usando-se um sistema compensador (pendular).

3.2.2.3 Níveis Digitais

Os níveis digitais denominam-se automáticos porque usam um compensador pendular para autoniverlar-se, depois que o operador tenha efetuado um nivelamento prévio aproximado através de uma bolha. Com o telescópio e o fio de retículo, esse instrumento pode ser utilizado para obter leituras manualmente, como em qualquer outro nível automático.

A Figura 3.12 apresenta uma ilustração de nível digital:

Figura 3.12: Exemplo de um nível digital do fabricante Leica Geosystems.
Fonte: http://www.leica-geosystems.co.uk/en/Levels-Digital-Electronic-Levels_5291.htm

3.2.2.4 Níveis a laser

Estes tipos de instrumentos caracterizam-se pela substituição da luneta por um feixe laser rotativo. O aparelho lança um feixe de raio laser no plano horizontal ou inclinado, visível ou invisível. A partir da rotação do emissor do raio laser, a varredura horizontal é igual a 360°. Para a obtenção da altura dos pontos da área de varredura utiliza-se um detector de raio laser conectado a uma régua graduada. Devido ao fato do raio laser definir um plano horizontal ou inclinado sobre a área de varredura, esse tipo de equipamento tem sido usado como elemento auxiliar em máquinas de terraplenagem e de escavação. Ver Figura 3.13:

Figura 3.13: Exemplo de Nível laser Leica Rugby 100 LR
Fonte: http://www.leica-geosystems.com/en/index.htm

3.2.3 Antenas receptoras GNSS

Devido à complexidade deste assunto e considerando que neste trabalho o interesse básico é a calibração de uma antena GNSS, será feito a seguir uma breve descrição das principais funções e dos fundamentais componentes de uma antena receptora GNSS. Para mais informações recomenda-se: Kraus (1988), Lorrain et al. (1988), Johnson (1993), Rothammel (1995), Balanis (1998), Carr (1998), Machado (2002) e Ribeiro (2002).

O Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) define antena receptora GNSS como sendo a parte de um sistema de transmissão ou recepção responsável por irradiar ou receber ondas eletromagnéticas (IEEE, 1983, p. 7).

A antena receptora GNSS é um mecanismo com finalidade de captação das ondas eletromagnéticas nas faixas de radiofreqüência da banda L (Pinker[5] et al. 1998 apud FREIBERGER;2007), sendo formada basicamente de componentes metálicos

[5] PINKER, A.; ADAMS, S.; PEEPLES, D. (1998). **The saga of L.** 1998. In: Proceedings of the National Technical Meeting "Navigation 2000". ION GPS, January 21-23, 1998, California.

dispostos em diversas configurações cujas dimensões são fornecidas em função do comprimento de onda.

A detecção das ondas eletromagnéticas vindas dos satélites é responsabilidade das antenas receptoras GNSS. Elas funcionam como sensores que traduzem o sinal do satélite incidente em informações de amplitudes e fase.

Segundo Tranquilla[6] et al. (1989; p.356) apud Freiberger (2004, p. 05), a antena do receptor GNSS converte a energia da onda em corrente elétrica, eleva a força do sinal e põe à disposição os sinais ao processador do receptor e finalmente deve ser capaz de rejeitar os sinais que estão fora do seu campo de operação.

Tipos de antenas GNSS

Segundo Seeber[7] (1993; p. 230) apud Freiberger (2007; p. 36), os modelos de antenas receptoras GNSS (Ver Figura 3.14) disponíveis para o emprego na recepção dos sinais são:

- Monopolo ou dipolo;
- Helicoidal;
- Helicoidal – espiral;
- Microstrip ou patch;
- Choke Ring;
- Geodésica mod. 5700;
- Geodésia Zephyr e
- Dipolo

[6] TRANQUILLA, J. M.; COLPITTS, B. G.; CARR, J. P. (1989). **Measurement of low-multipath Antennas for Topex.** In: 5th INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING. Las Cruces, New Mexico. P. 356-361.
[7] SEEBER, G. (1993). **Satellite Geodesy.** Berlin: de Gruyter.

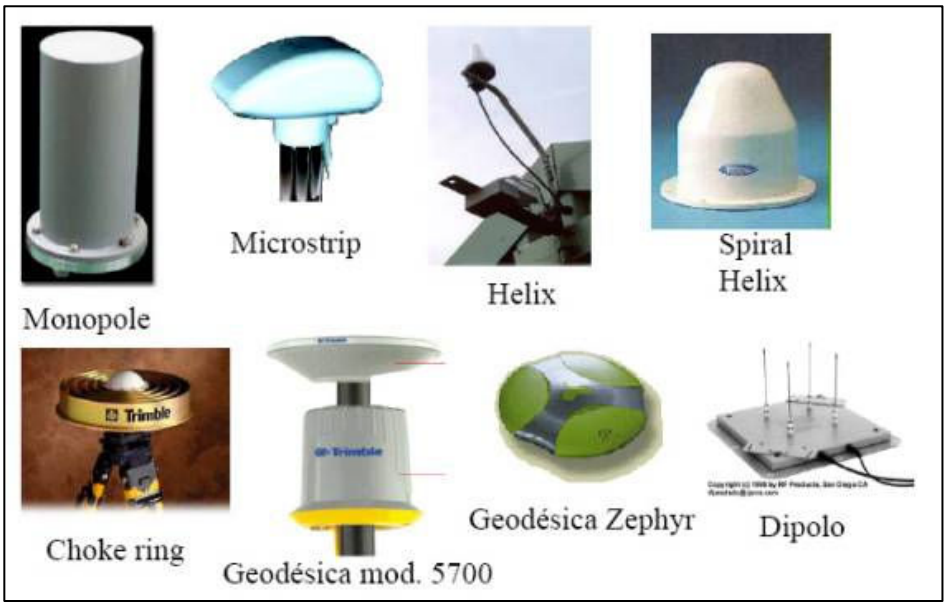


Figura 3. 14: Tipos de antenas receptoras GNSS.
(Fonte: http://www.shammas.eng.br/.../012006gps/gpsc5.2.jpg)

Dentre as várias classes de antenas de receptores GNSS, as antenas dipolos são as mais comuns. As antenas monopolo são antenas abertas que atuam com integrante de um dipolo. Segundo Langley[8] (1998, p. 52) apud Freiberger (2007, p. 37) as antenas helicoidais quadrifilares são usadas em receptores GPS de navegação. Já as antenas helicoidal-espirais na realidade foram abolidas. (Seeber[9] (2003, p. 236) apud Freiberger Junior, J (2007, p. 37)).

Balanis[10] (1998, p. 5) apud Freiberger (2007, p. 37) afirma que as antenas que mais são usadas nos receptores GNSS são as do tipo Microstrip ou patch, quem nos anos 70 se popularizaram em princípio nas atividades espaciais. Essas antenas consistem em uma placa condutora de circuito impresso montada sobre uma base quadrada, isolados por um dielétrico, geralmente uma camada de ar. Nas antenas mais aperfeiçoadas, o material de isolamento usado é de porcelana. A Figura 3.15 apresenta um exemplo de antena Microstrip:

[8] LANGLEY, R. B. (1998a). **A primer on GPS antennas.** GPS World, July 1998, p. 50-54.
[9] SEEBER, G. (2003). **Satellite Geodesy.** 2nd edition. De Gruyter: Berlim.
[10] BALANIS C. A. (1998). **Antenna Theory:** analysis and design. 2nd edition. New York:Wiley.

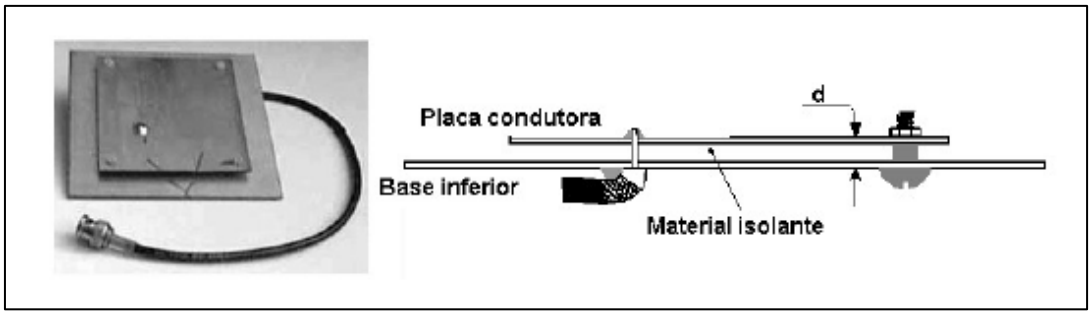


Figura 3. 15: Antena Microstrip. (Fonte: Plundahl[11] (2003) Apud Freiberger Junior, J (2007, p. 37)).

3.2.4 Colimadores

Um Colimador é um instrumento constituído por uma lente objetiva com alta correção geométrica. O feixe de colimação emerge paralelamente de forma que a imagem do retículo é projetada para o infinito. O aparelho geralmente é montado com o ajuste infinito, assim, o plano focal da objetiva coincide com o retículo.

A seguir é apresentada a Figura 3.16, que mostra os principais componentes de um Colimador:

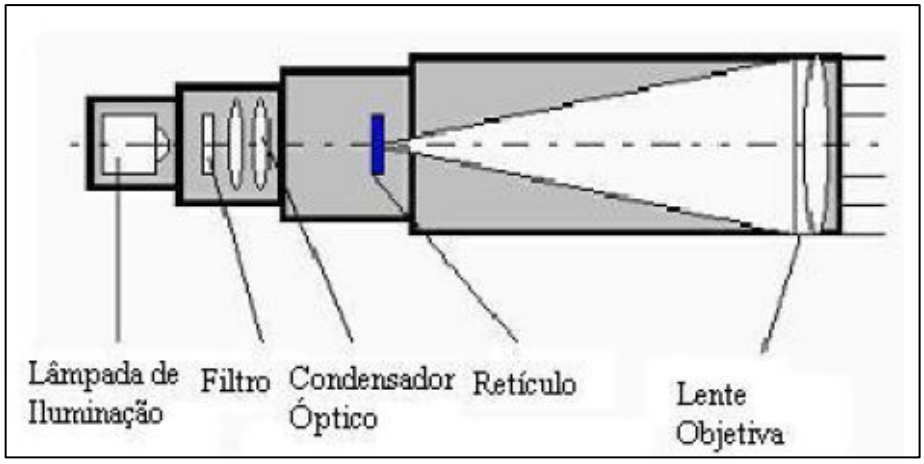


Figura 3. 16: Principais componentes de um Colimador. (Fonte: Mildex[12] (2006) apud Sklarski (2008, p.29)).

[11] PLUNDAHL, P. (2003). Disponível em <http://home.iae.nl/users/plundahl>. Acesso em 11 de abril, 2003.
[12] MILDEX INC, **Collimators** Disponivel em http://www.mildex.com/index.html < acesso em 16/03/2006.

Um colimador padrão, que também é conhecido como Colimador de Ajuste Infinito, possui os seguintes componentes:

- Tubo suporte para lentes objetivas;
- Adaptador de retículo;
- Dispositivo de iluminação.

O Colimador de Focalização, que é conhecido pelo seu ajuste com distância finita, possui a sua construção parecida ao colimador padrão, entretanto, o adaptador do retículo é montado em um prolongamento do tubo para o ajuste da focalização Mildex[13] (2006) apud Sklarski (2008, p.29).

Segundo Deumlich[14] (1982, p.53) apud Sklarski (2008, p.28), se ocorrer a troca das oculares pelas lâmpadas oculares, os teodolitos Wild T1, T16, T2 podem ser usados como colimadores. Existem outros equipamentos que também, por meio de suas características, podem ser usados como colimadores, desde que sejam feitas adaptações adequadas. Na Figura 3.17 ocorre um alinhamento perfeito do colimador e o telescópio, que também pode ser usado como colimador.

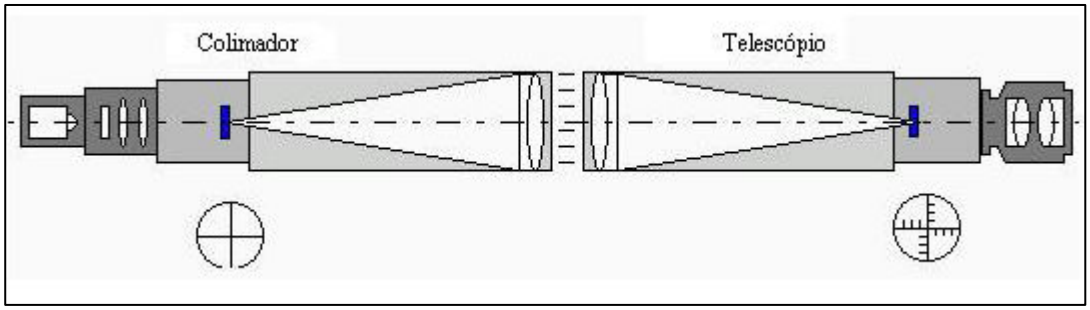


Figura 3. 17: Colimador e Telescópio alinhados. (Fonte: Mildex (2006) apud Sklarski (2008, p.30))

[13] MILDEX INC, **Collimators** Disponivel em http://www.mildex.com/index.html < acesso em 16/03/2006.
[14] DEUMLICH, F., **Survey Instruments**, Editora Walter de Gruyter, Berlin-New York, 316 p., 1982.

3.2.5 Prismas circulares

São fabricados em vidro de alta qualidade ótica, respeitando especificações técnicas rigorosas Essa operação cria superfícies de reflexão mutuamente ortogonais que refletem qualquer raio de luz que retornam à sua fonte. Tais superfícies reflexivas são providas de um revestimento resistente para que a capacidade de refletir não seja afetada pela sujeira ou condensação. Ver Figura 3.18.

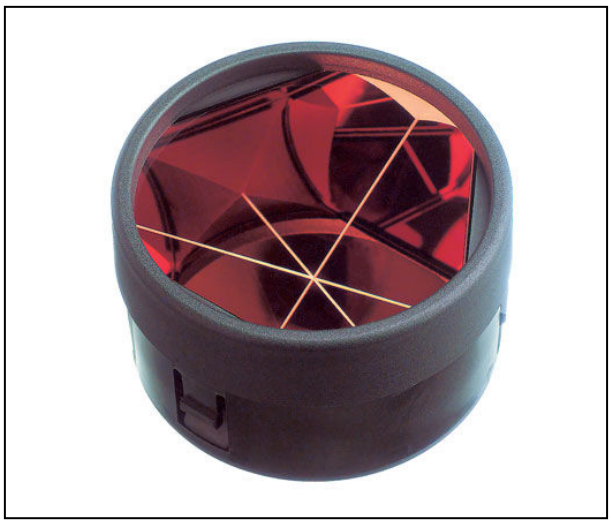


Figura 3. 18: Ilustração de um prisma circular do fabricante Leica Geosystems, modelo GPR1 Single.

3.2.5.1 Prisma do tipo 360° para estação total robótica

A estação total robótica é um instrumento que permite o reconhecimento automático de alvo (Automatic Target Recognition – ATR), o que admite a obtenção de pontos em menos tempo, tornando assim, o trabalho mais rápido.

Para que uma estação total robótica tenha um funcionamento satisfatório sem a necessidade de orientar o prisma na direção do aparelho, é recomendável o uso de modelos do tipo 360°. Este constitui-se de 6 prismas unidos em conjunto, que permite que o feixe de medição reflita diretamente de volta à sua fonte, de qualquer posição sobre o prisma definido. A distribuição uniforme dos prismas fornece compensação similar e precisão nas leituras de qualquer lado.

Os seguintes modelos de prismas 360° oferecidos pela fabricante Leica Geosystems são apresentados a seguir:

GRZ4 Professional 360º reflector

Este modelo é recomendado para todos os trabalhos topográficos que usam estações robóticas. Tem uma indicação de exatidão total de 5 mm. Contudo, quando apontado diretamente para um dos três prismas, indicado por setas amarelas, a precisão alcançada pode ser superior a 2 mm. Veja Figura 3.19:

Figura 3.19: Ilustração de um prisma clássico GRZ4 360º. (Fonte: http://www.leica-geosystems.co.uk/en/index.htm).

GRZ122 Smartpole 360º reflector

Este modelo possui um alto desempenho e permite a conectividade com a SmartAntenna Leica. O refletor possui um design robusto ideal para resistir a quedas mesmo quando a SmartAntenna estiver ligada. Possui um ponto embutido que permite que o prisma seja precisamente posicionado diretamente no alvo. O regime especial de seis prismas de alta precisão fornece um apontador. Totalmente 3D, sua acurácia pode chegar a 2 mm. A extensão do ATR pode alcançar 600 m. Vide a ilustração da Figura 3.20.

Figura 3.20: Ilustração de um prisma de precisão GRZ121 360º. (Fonte: http://www.leica-geosystems.co.uk/en/index.htm).

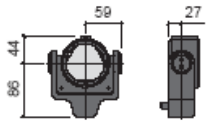
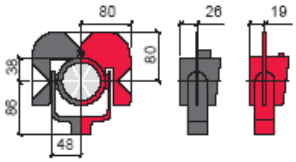
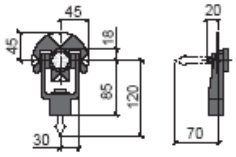
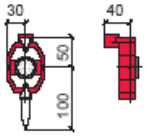
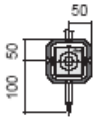
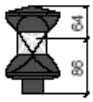
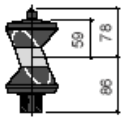
GRZ101 Mini 360º reflector

Visto o seu pequeno tamanho, este modelo de prisma (Figura 3.21) é uma opção de menor custo e fornece uma precisão de 1,5 mm. Contudo, possui uma funcionalidade limitada no caso de estações robóticas em que se utiliza o reconhecimento automático do prisma.

Figura 3.21: Ilustração de mini prisma GRZ101 360º.(Fonte:http://www.leica-geosystems.co.uk/en/index.htm).

Esses prismas possuem uma qualidade inferior e podem quebrar-se facilmente. Os seis prismas 360° da fabricante original são fundidos em conjunto completamente no vácuo. Dessa forma, os vidros ficam mais unidos devido ao mesmo estar perfeitamente liso e polido na sua superfície. Quando não há a fundição a vácuo, as superfícies do prisma não estão em contato umas com as outras, o que gera erro nas medições de acurácia. Além disso, o material colante diminui a reflexão e, portanto afeta o alcance das medições. A seguir na Tabela 3.5 serão mostrados os modelos de prismas fabricados pela Leica Geosystems, juntamente com as suas dimensões e constantes.

Tabela 3.5: Dimensões dos prismas da fabricante Leica e suas constantes

Prisms	Constants [mm]	
Circular prism GPH1P	0.0	
Circular prism GPR121/111	0.0	
Miniprism GMP101	+17.5	
Miniprism GMP111 GMP111-0	+17.5 0.0	
Reflective tape	+34.4	
Flat prism CPR 105	+34.4	
360° prism GRZ4	+23.1	
360° prism GRZ122	+23.1	
360° Mini prism GRZ101	+30.0	

Fonte: **http://www.leica-geosystems.co.uk/en/index.htm**

3.2.6 Tripé

É usado para a sustentação do aparelho. Com o objetivo de alcançar a exatidão correta em uma medição com instrumento é vital que se use o tripé adequado. A montagem e o peso do mesmo têm uma grande influência na estabilidade do

instrumento. Os tripés são normalmente construídos em madeira ou em alumínio (Figura 3.22a e Figura 3.22b). Os de alumínio são leves e resistentes a umidade. Para trabalhos que exigem alta precisão, recomendam-se os tripés de madeira, pelo fato de serem mais estáveis e menos susceptíveis à expansão.

a) b)

Figura 3. 22: a) Tripé de madeira e b) Tripé de alumínio

3.2.7 Nível de Bolha para Bastão (Nível de Cantoneira)

Instrumento acessório em forma de cantoneira (Figura 3.23) dotado de uma bolha circular que permite manter a verticalidade do acessório utilizado (balizas, miras, etc.).

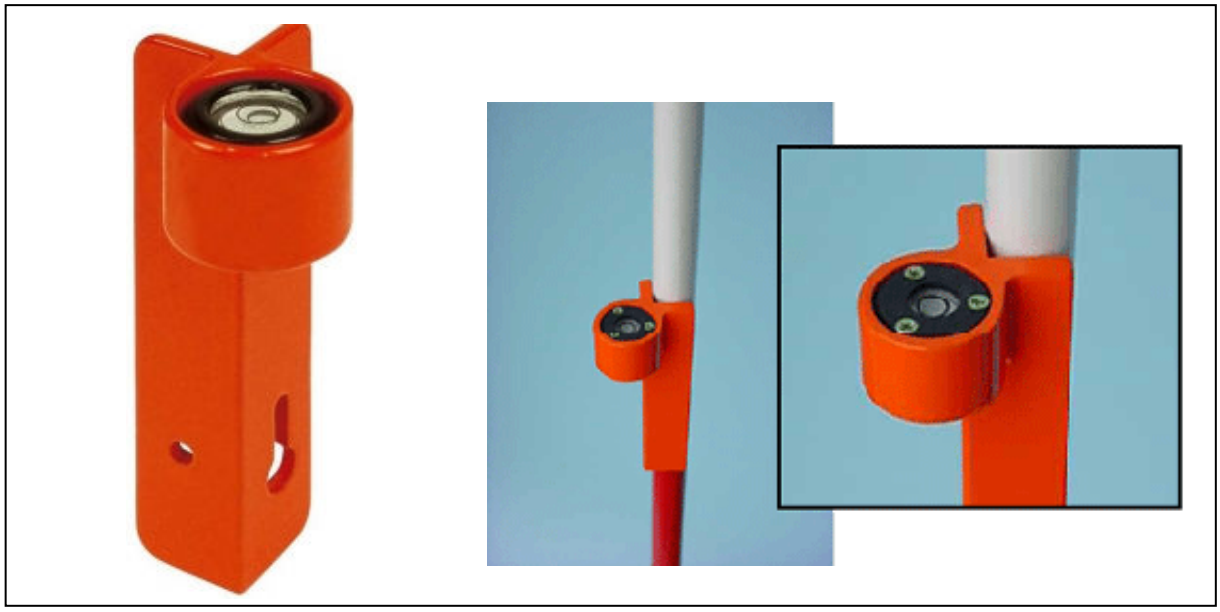


Figura 3. 23: Ilustração de nível de cantoneira adaptado ao bastão. (Fonte: http://www.leica-geosystems.co.uk/en/index.htm).

Capítulo 4
CALIBRAÇÃO INSTRUMENTAL

4.1 Por que é importante calibrar um instrumento?

O envelhecimento dos componentes, mudanças de temperatura e estresse mecânico sobre os equipamentos podem gradativamente deteriorar as suas funções. Quando isso ocorre, os testes e as medidas já não são tão confiáveis e podem refletir no projeto e na qualidade do produto. Tais situações podem ser evitadas se, for realizado um processo conhecido por calibração.

A calibração permite verificar a conformidade de um determinado instrumento com as especificações ou normas aplicáveis ao mesmo e permite o estabelecimento de uma relação entre o valor indicado no instrumento e o valor verdadeiro da grandeza que ele mede.

Existe um número crescente de fatores que justificam a importância da calibração em um instrumento, dentre eles, a verificação do bom funcionamento dos equipamentos, a necessidade de satisfazer os requisitos de normas de qualidade e também garantia da confiabilidade e da rastreabilidade das ações.

Por fim, apresentamos outros dois fatores não menos relevantes na importância da calibração instrumental: o propósito da empresa em preservar o cliente e a preocupação do profissional em manter a qualidade dos serviços prestados com o equipamento.

4.1.1 Quando devemos calibrar um instrumento de precisão?

A responsabilidade de determinar o período correto para se calibrar um instrumento é do usuário final. Existem, entretanto, fatores que podem ser considerados e auxiliam na decisão de encaminhar o aparelho para uma nova calibração, são eles:

- A existência de alguma recomendação do fabricante do instrumento;
- Existência de exigências legais e/ou de normas aplicáveis a instrumentos topográficos e geodésicos;
- Experiências passadas de outros usuários e/ou laboratórios de calibração;
- O histórico do instrumento; e
- Desconfiança em relação aos valores medidos pelo instrumento

A maioria dos instrumentos de precisão é altamente sensível e precisam ser manipulados e transportados com cuidado. Para estes instrumentos é necessário realizar calibrações nas seguintes situações:

- Antes da primeira utilização: Visto que os instrumentos podem ter sofrido alterações durante transporte longo e/ou devido às variações de temperatura;
- Após longos períodos de trabalho e de armazenagem;
- Ao perceber que no momento da calibração a temperatura está superior a 10°C do que estava a um período aproximadamente de 20 minutos antes de se iniciar o processo de calibração.
- Em situações de mudança brusca na temperatura de armazenamento e de trabalho.
- Nos casos de ocorrências de choques mecânicos.

4.1.2 Requisitos a serem considerados ao realizar uma calibração em instrumentos topográficos e geodésicos?

Após a calibração instrumental, os erros determinados eletronicamente são aplicados em cada medição. Se a rotina de calibração for realizada de forma imprecisa, as medições seguintes serão afetadas negativamente. Assim, deve-se ter muito cuidado durante todo o processo de calibração. É importante notar que em laboratório as condições são diferentes e, portanto, as precauções também diferem.

A seguir são apresentadas algumas condições importantes que auxiliam na determinação dos erros em equipamentos topográficos e geodésicos nos casos de calibração dos mesmos em campo:

- Boas condições atmosféricas, ou seja, que seja um dia com sol brando e calor tolerável. É essencial que sejam feitas as medições pela manhã ou no final da tarde.
- O instrumento, o tripé e a base devem estar seguros e firmes;
- Se o instrumento e o tripé não estão expostos diretamente ao sol, pois isso pode provocar aquecimento nos mesmos;
- Nivelar o instrumento precisamente com a bolha eletrônica ou tubular; e
- Antes de começar a trabalhar com o aparelho, certifique-se que o mesmo teve tempo suficiente para adaptar-se à temperatura ambiente. O tempo de aclimatação é de aproximadamente 20 minutos (entre a temperatura de armazenamento e temperatura de trabalho).

4.2 Erros instrumentais

Os erros instrumentais devem-se às imperfeições na construção ou ajuste dos instrumentos e do movimento de suas partes individuais. Por exemplo, as graduações sobre uma escala podem não estar perfeitamente em intervalos regulares ou a escala pode estar alterada. O efeito de muitos erros instrumentais

podem ser reduzidos, e inclusive eliminados, adotando procedimentos operacionais corretos ou aplicando correções.

Neste tópico serão apresentados os erros instrumentais em teodolitos, Estações Totais e níveis que são passíveis de calibração. Também será feita uma análise da acurácia atingida com os acessórios dos instrumentos topográficos e geodésicos: tripés, bases nivelantes e prismas.

4.2.1 Erros passíveis de calibração em teodolitos e estações Totais

Os teodolitos e estações totais possuem 3 eixos de referência fundamentais. Como apresentado anteriormente, para que um instrumento esteja bem ajustado, os três eixos devem manter relações específicas entre si. Estas são:

a) O eixo vertical deve ser perpendicular ao eixo de diretriz;
b) O eixo horizontal deve ser perpendicular ao eixo vertical;
c) A linha de colimação deve ser perpendicular ao eixo horizontal.

Se estas relações não são verdadeiras, resultaram erros nos ângulos medidos, a menos que se observem procedimentos apropriados de campo. São discutidos a seguir erros causados pelo desajuste desses eixos.

Os níveis de alidade estão desnivelados:

Se as diretrizes dos níveis da alidade não são perpendiculares ao eixo vertical, este último não estará perfeitamente vertical quando centrar as bolhas de tais níveis. Esta condição gera erros nos ângulos medidos, tanto horizontais quanto verticais, que não podem ser eliminados realizando leituras na posição direta e invertida da luneta.

Existem Estações Totais que são providas de compensadores de eixo duplo capazes de detectar automaticamente a magnitude e a direção da inclinação do eixo vertical. Estas estações podem realizar correções em tempo real nos ângulos horizontal e vertical para esta condição. Já os aparelhos equipados com compensadores de um único eixo só podem corrigir os ângulos verticais. Estes deverão seguir os procedimentos abordados nos manuais que acompanham os instrumentos para eliminar de forma apropriada qualquer erro.

É importante lembrar a importância de se verificar com freqüência o ajuste da bolha do nível da alidade e também verificar a posição da bolha durante o processo de medição.

- **Erro de Colimação: Erro de Colimação Vertical e Erro de Colimação Horizontal**

a) Erro de Colimação Vertical

O eixo do nível de bolha é verdadeiramente horizontal quando a bolha está no centro. A linha de colimação deve ser paralela ao eixo do nível de bolha quando o índice do círculo vertical é fixado em zero. Se ocorrer ajuste imperfeito no círculo vertical dos verniers, as leituras não serão zero quando a linha de visada estiver na horizontal. O erro pode ser eliminado realizando observações nas duas posições da luneta ou aplicando o índice de correção.

b) Erro de Colimação Horizontal

O efeito do erro de colimação (Ver ilustração da Figura 4.1) é similar ao que ocorre nos níveis, a linha de visada produzida pelos fios de retículos não está paralela ao eixo ótico do telescópio.

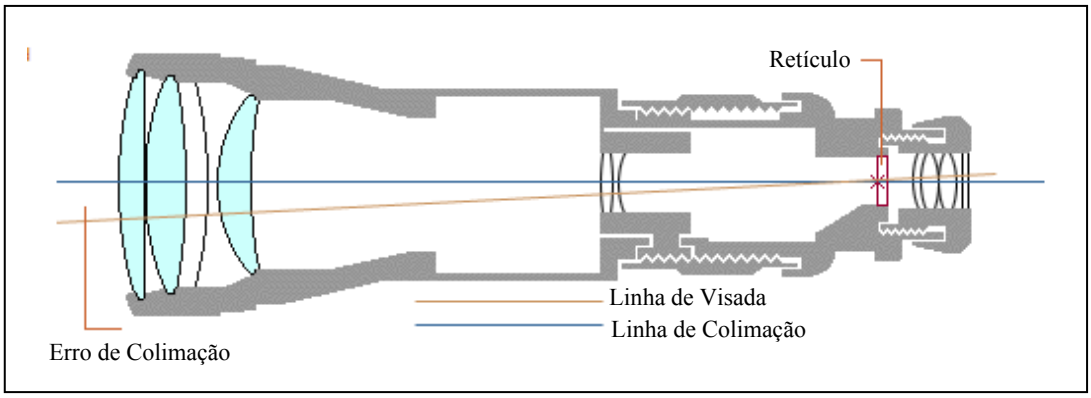


Figura 4.1: Seção transversal de um teodolito apresentando o erro de colimação horizontal, adaptado de http://www.geom.unimelb.edu.au/planesurvey/prot/topic/top05-04-02.html

Nos teodolitos e nas Estações Totais poderão ocorrer erros sistemáticos na horizontal bem como nas direções verticais. Estes são causados pelo fato dos fios dos retículos não estarem no centro mecânico do telescópio. Existem procedimentos para detectar este erro, contudo, o mesmo é eliminado durante o processo de medições com leituras conjugadas (posicionamento da luneta da estação total em posição direta e posição inversa para a realização das leituras). A média das leituras conjugadas irá matematicamente cancelar o efeito deste erro. Com efeito, a maioria dos erros comuns de ajustamento e construção pode ser eliminada observando ângulos em ambas as posições.

- **A linha de colimação não é perpendicular ao eixo horizontal**

Se existe esta condição, ao inverter a luneta esta linha gera um cone cujo eixo coincide com a luneta, como por exemplo, para prolongar uma linha reta ou para medir ângulos de deflexão. Aliás, quando o ângulo de inclinação visual de ré não é igual ao visual de vante, os ângulos horizontais medidos serão incorretos. Estes erros se eliminam com a média das leituras realizadas na posição direta e inversa da luneta.

❖ Erro de índice no círculo vertical

Quando o eixo visual é horizontal deve ser lido um ângulo vertical de zero grau ou um ângulo zenital de 90° ou de 270°, de outra maneira, tem-se um erro de índice. Este erro pode ser eliminado calculando a média de um número igual de ângulos vertical ou zenital lidos na posição direta e invertida da luneta. Na maioria das estações totais mais recentes, o erro de índice pode ser determinado lendo minuciosamente o mesmo ângulo na posição direta e invertida da luneta.

❖ Excentricidade do centro

Esta circunstância ocorre quando o centro geométrico do círculo graduado horizontal (ou vertical) não coincide com o seu centro de rotação. Os erros oriundos desta origem são normalmente pequenos. As Estações Eotais podem estar equipadas com sistemas que calculam a média automaticamente das leituras realizadas em pontos contrários dos círculos, compensando este erro.

❖ Erros por graduação dos círculos

Caso as graduações em torno da circunferência de um círculo horizontal ou vertical não sejam uniformes, ocorrem medidas angulares erradas. Normalmente os erros são pequenos. Existem Estações Totais que usam leituras tomadas de muitas posições em torno dos círculos para cada ângulo horizontal ou vertical medidos, promovendo um sistema eficiente para eliminar os erros.

- **Erros proporcionados por equipamentos periféricos**

Alguns erros instrumentais adicionais podem ocorrer em base nivelantes desgastadas, prumos óticos desajustados, tripés instáveis e balizas óticas com bolhas mal ajustadas. Estes equipamentos devem ser revisados periodicamente e mantidos em boas condições.

4.2.2 Erros passíveis de calibração em Níveis

Devido ao uso e ao desgaste normal, todos os instrumentos de nivelamento estão sujeitos a ocorrência de defeitos. Assim, necessitarão de reparos para minorar os erros sistemáticos. Se testes apontam situações em que devem efetuar reparos, dependendo do instrumento, do conhecimento e da experiência do operador, alguns tipos podem ser feitos no campo, porém, se os mesmos não são de fácil solução ou se o operador não possui a capacidade técnica necessária, o recomendável é enviar o aparelho para uma oficina especializada e tecnicamente qualificada para a função.

Erro de verticalidade do eixo vertical

O procedimento para a verificação da verticalidade do eixo principal em níveis é exatamente igual ao procedimento realizado em teodolitos.

Erro de colimação

O erro de colimação ocorre quando o eixo de colimação não está verdadeiramente horizontal com a diretriz do eixo do nível da base. O efeito deste erro na leitura da mira está diretamente interligado com a distância da mira em relação ao instrumento, como se vê na ilustração da Figura 4.2:

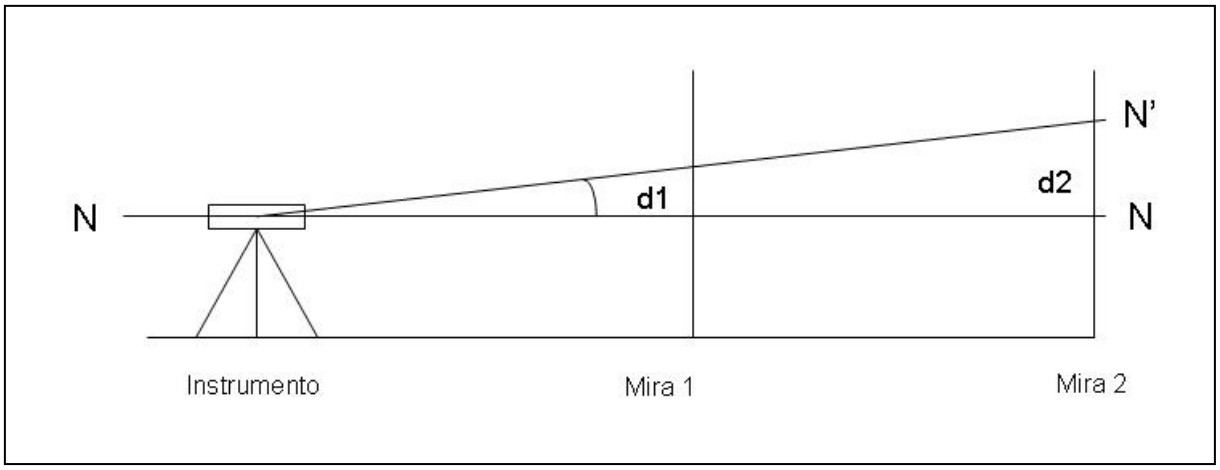


Figura 4.2: Efeito do erro de colimação em relação à distância da mira ao instrumento

Para a verificação da horizontalidade do eixo de colimação deve-se conhecer o desnível entre dois pontos A e B, materializados no campo, que servirão como uma base de retificação. Pode-se usar o próprio nível que será retificado para instituir a base. Na Figura 4.3, observou-se que, se instalarmos um nível exatamente no centro do alinhamento AB, mesmo que o aparelho tenha um erro de colimação, a diferença de nível atingida terá o valor real, já que, permanecendo o nível exatamente no centro da linha de nivelamento, o erro cometido na leitura da mira localizada no ponto A será o mesmo da mira localizada no ponto B.

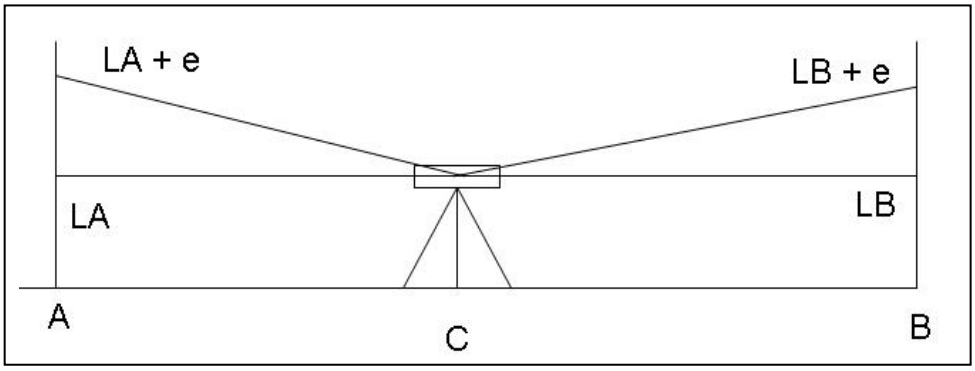


Figura 4.3: Efeito do Erro de Colimação em virtude do nível localizar-se na metade do alinhamento formado pelos pontos A e B.

O cálculo da diferença de nível será a seguinte:

$$D_n = (LA + e) - (LB + e)$$
$$D_n = LA - LB \qquad (4.1)$$

Sendo:

$LA =$ Leitura da mira no ponto A;

$LB =$ Leitura da mira no ponto B; e

$e =$ Erro cometido na leitura da mira.

Após ser conhecida a diferença de nível entre os pontos A e B, e estando o nível da base retificado, efetua-se a verificação da horizontalidade da linha de colimação do instrumento de acordo com a Figura 4.4:

a) É aceito como hipótese, dois pontos (A e B), determinados no terreno com uma diferença de nível conhecida, por exemplo, uma diferença de nível positiva. Estaciona-se o nível o mais próximo possível da mira do ponto A, o bastante para focalizar perfeitamente a imagem na mira para que se possa efetuar corretamente a leitura LA.

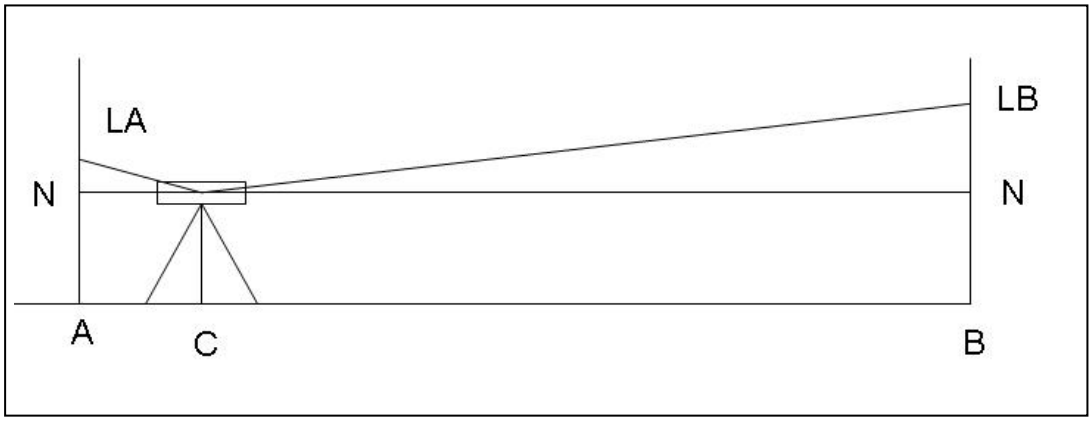


Figura 4.4: Configuração usada na verificação da horizontalidade da linha de colimação do instrumento

b) Em seguida visando a mira no ponto B e realizar a leitura LB (como estamos admitindo que exista um desnível positivo entre A e B, a leitura na mira do ponto B será menor que a leitura da mira do ponto A). Neste exemplo, o instrumento não possui erro de colimação, pelo fato da diferença de nível ser positiva, caso contrário, a retificação do instrumento é aconselhável.

4.2.3 Erros passíveis de calibração nas antenas de receptores GNSS

Segundo Hofmann Wellenhof[15] et al. 2001, p. 91 apud Freiberger, 2007, p. 32, as fontes de erros podem ser divididas em três grupos principais: os erros relacionados aos satélites, os relacionados ao meio de propagação do sinal e os relacionados ao receptor GNSS como um todo (receptor, antena, cabos). No caso desta pesquisa, trataremos sobre os erros que ocorrem na antena receptora GNSS. Em seguida é feita uma apresentação do erro decorrente à variação do centro de fase da antena receptora e do erro de sincronização do relógio do receptor GNSS.

Erro devido à variação do centro de fase da antena do receptor GNSS

A variação do centro de fase (Phase Center Variation – PCV) é um erro decorrente da não coincidência do centro de fase geométrico das antenas receptoras GNSS com o centro de fase eletrônico das mesmas. Tal diferença varia em função da intensidade, direção e freqüência dos sinais recebidos. A distância entre os centros geométricos e os centros eletrônicos nas antenas utilizadas nos trabalhos geodésicos pode variar em um intervalo que vai dos milímetros aos centímetros (Wanninger, 2000, p. 24). Neste caso, as antenas devem ser calibradas com o objetivo de corrigir as observações decorrentes dessa variação.

---

[15] HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. (2001). **GPS:** theory and practice. 3.ed. Wien: Springer.

Erro devido ao falta de sincronização do relógio do receptor GNSS

O erro do relógio dos receptores é decorrente da marcha dos osciladores internos dos mesmos, que são diferentes do tempo GPS. Quando os receptores forem do mesmo fabricante e do mesmo modelo, os erros podem ser eliminados através do posicionamento relativo com a aplicação das observações da fase da portadora.

4.2.4 Acurácia alcançada com os acessórios dos instrumentos topográficos e geodésicos: tripés, bases nivelantes e prismas

Nos trabalhos de mensuração, com instrumentos topométricos, vários fatores podem influenciar na acurácia das medições realizadas. As tarefas que são executadas por longos períodos podem sofrer influências significativas dos acessórios dos aparelhos que ali são usados. Para entender tais influências serão feitos resumos dos fatores que influenciam na acurácia dos acessórios.

Análise da acurácia obtida com os tripés

Com o objetivo de alcançar a exatidão adequada de um instrumento é fundamental que se utilize corretamente o tripé. A estrutura e o peso do tripé têm uma grande influência na acurácia do instrumento. As pernas dos tripés estão disponíveis em alumínio ou madeira. Os tripés de madeira possuem características de amortecimento. Já os tripés de alumínio são leves e resistentes à umidade. Para os trabalhos que são exigidos uma precisão elevada, é recomendável usar os tripés de madeira pelo fato de serem mais estáveis e menos suscetíveis à dilatação quando expostos à luz solar.

Os requisitos a serem atendidos para os tripés são definidos pela norma internacional ISO 12858-2:1999 (Optics and optical instruments -- Ancillary devices for geodetic instruments -- Part 2: Tripods). Os quesitos são referentes às dimensões,

estabilidade e rigidez de torção. De acordo com esta norma, os tripés podem ser classificados em pesados e leves. Os tripés pesados são os que devem ter massa superior a 5,5 kg, para suportar um instrumento de no máximo 15 Kg. Já os tripés leves são aqueles apropriados para suportar instrumentos com massa inferior a 5 Kg, como por exemplo, prismas, antenas GNSS ou TPS Buider.

- **Os fatores que influenciam a acurácia obtida com os tripés**

A estabilidade da altura do tripé

De acordo com a norma ISO 12858-2, a posição do tripé não pode deslocar por mais de 0,05mm na posição vertical quando sujeito ao dobro do peso máximo do aparelho. Em estações totais, o deslocamento vertical de 0,05 mm é pequeno se comparado aos outros efeitos sobre as medições angulares. Os testes de análise dos tripés são todos feitos em ambiente laboratorial, contudo, para trabalhos de precisão realizados no campo, os efeitos adicionais tais como umidade, tipo de solo, temperatura, vento e etc., podem afetar a estabilidade dos tripés, que também com o passar do tempo pode ter sua solidez reduzida. Assim, a estabilidade da altura do tripé deve ser considerada quando se objetiva alcançar uma precisão angular elevada.

A rigidez de torção

A ação de mover o instrumento em torno do eixo faz com que as forças afetem a rotação horizontal na base do tripé. A rigidez serve para absorver essa rotação horizontal quando o instrumento é retornado à posição original. A precisão com a qual o tripé retorna a essa posição é conhecida por Histerese.

Para medir a rigidez de torção pode-se usar um colimador eletrônico capaz de monitorar as deformações. Este é o princípio conhecido por autocolimação.

Tração horizontal

A tração horizontal serve para medir o quanto a orientação do tripé se alterou dentro de um determinado espaço de tempo. Essa medição não é uma exigência da ISO 12858-2:1999, contudo alguns fabricantes a realizam com o objetivo de garantir a qualidade dos seus produtos.

Tipos de material dos tripés

A estabilidade dos tripés é essencialmente delimitada por seu movimento vertical e pela tração horizontal ao longo do tempo. O fato de os tripés serem produzidos por diferentes materiais acarreta efeitos que podem ser observados ao longo do desenvolvimento do trabalho. É notável que os tripés de madeira permaneçam mais estáveis por um período mais longo.

A seguir é feito um resumo com as vantagens e desvantagens dos tripés mais usuais, os de madeira, os de alumínio e os de fibra de vidro:

Madeira

Vantagens: De todos os materiais é o mais estável e o que menos sofre expansão quando expostas aos efeitos do sol. Também são ótimos para amortecer as vibrações.

Desvantagens: A madeira é porosa e absorve grande quantidade de água, o que gera deformações. Assim, é fundamental que a madeira seja completamente selada.

Alumínio

Vantagens: O alumínio é extremamente resistente à condições de umidade. São leves, o que gera praticidade quando há necessidade de mudanças nas configurações.

Desvantagens: Sendo um metal, o tripé de alumínio expande a contrai a partir das alterações da temperatura. Para manter a precisão destes tripés, é aconselhável que sejam usadas em trabalhos de curta duração.

Fibra de vidro

Vantagens: A fibra de vidro é resistente e oferece uma duração longa.

Desvantagem: É um material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro, que não são rígidos. Altera-se ao longo do tempo de uso.

Análise da acurácia das bases nivelantes

As bases nivelantes permitem que os equipamentos topométricos sejam nivelados e centrados nos pontos de referência. Para se obter medições precisas, a área de apoio do tripé deve ter correspondência ideal à circunferência da base nivelante. Isso promove uma maior precisão na centragem forçada.

- **Os fatores que influenciam a acurácia das bases nivelantes**

A Histerese ocorrida em bases nivelantes tem influência direta com o instrumento utilizado com esta base. Se o valor da Histerese não é conhecido, os termos apresentados nas especificações do aparelho não podem ser garantidos.

Existem dois tipos de bases nivelantes, as bases profissionais e as bases básicas. Cada uma delas é utilizada para uma determinada função. A seguir será feito um resumo das aplicações das mesmas.

Bases profissionais

O conjunto de parafusos das bases nivelantes da linha profissional devem ser de alta qualidade, oferecendo suporte extremamente estável. Após a produção, cada base deve ser testada laboratorialmente para medir o valor da Histerese. Essa medição é importante para que sejam disponibilizadas no mercado apenas as bases profissionais que atendam as especificações fornecidas pelo fabricante.

A Leica Geosystems (2007) divulgou um artigo em que afirma que para trabalhos em que a precisão necessária deve ser igual, ou menor, que 3 segundos, é recomendável a utilização das bases profissionais.

Bases básicas

As bases nivelantes da série básica foram projetadas para serem aplicadas em obras de construção padrão. Os seus parafusos têm um diâmetro maior que permite a realização de ajustes finos mesmo que o usuário esteja usando luvas. São bases leves e capazes de ficarem expostas ao sol durante longos períodos e de se adaptarem as variações extremas do ambiente.

Análise da acurácia dos prismas

A precisão das estações totais pode ser bem explorada usando um prisma de boa qualidade. Vários aspectos definem a precisão das medições realizadas e o alcance da distância de um prisma.

- **Os fatores que influenciam a acurácia dos prismas**

Após a produção, cada prisma deve ser aferido para se definir a sua acurácia. Assim, apenas os prismas que atendam as especificações exigidas pelo fabricante são colocados no mercado. Inúmeros fatores delimitam a precisão possível de uma medição e a faixa de distância de um prisma. Os fatores mais importantes são o revestimento reflexivo, o anti-reflexo e o desvio angular de feixes. A seguir, será feito um resumo desses fatores que influenciam a precisão dos prismas.

O revestimento reflexivo (Reflective Coating)

Os prismas possuem um revestimento de cobre sobre a superfície refletora. Este revestimento fornece um elevado coeficiente de reflexão sobre os raios infravermelhos, é resistente à corrosão, é robusto e possui vida útil longa.

Muitos prismas que estão disponíveis no mercado não possuem este revestimento de cobre sobre as superfícies refletoras. Na ausência desse revestimento, as medições de distâncias e o ATR (Automatic Target Recognition) podem ser reduzidos cerca de 30%. Além disso, podem ocorrer medições incorretas quando a umidade formar gotículas sobre a superfície refletora.

O revestimento anti-reflexo (Anti-reflex Coating)

Alguns prismas que estão disponíveis no mercado possuem uma superfície frontal com um revestimento anti-reflexo. É um revestimento rígido que tem a função de proteger os prismas de possíveis arranhões.

Tal revestimento foi desenvolvido para aperfeiçoar ao máximo as leituras do sinal EDM, que consistem na emissão de sinais pelos medidores, resultando assim, em uma distância.

Existe um prisma especial, de fabricação da Leica Geosystems, que foge desta regra. Trata-se do prisma de precisão GOH1P. Apesar de não possuir o revestimento anti-reflexo, o mesmo é construído com uma leve inclinação para não permitir que qualquer reflexão direta volte para o EDM.

O desvio angular de feixes (Angular Beam Deviation)

A precisão com que o prisma de vidro é cortado é medida através do desvio angular dos feixes. Este ângulo é a diferença entre a entrada e a saída do raio de medição (Figura 4.5). Um desvio angular elevado de feixes reduz consideravelmente o intervalo de medição.

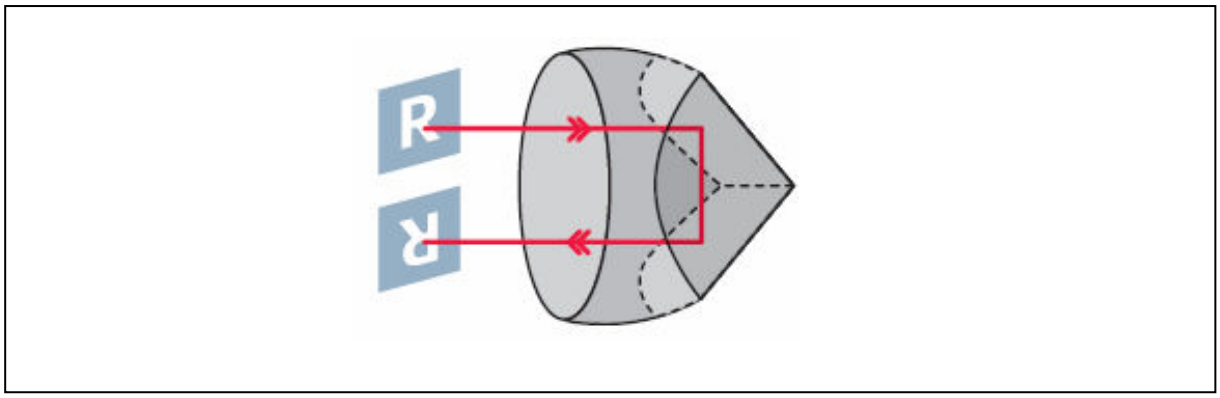


Figura 4.5: Ilustração da entrada e saída do raio de medição. (Fonte: **http://www.leica-geosystems.co.uk/en/index.htm**).

4.3 Normas e procedimentos voltados para a calibração dos instrumentos topográficos e geodésicos

Atualmente a acurácia desses instrumentos é referida às normas ISO. Assim, as precisões especificadas são obtidas de acordo com os requisitos das normas ISO e não de acordo com as normas DIN. Dessa forma, a análise das precisões de instrumentos diferentes é feita usando padrões iguais.

Tal afirmação trouxe à tona as contraposições existentes entre os agrimensores (ou inspetores geodesistas) e os outros profissionais de aplicação da engenharia. Os agrimensores expressam a acurácia como um desvio padrão, já os outros profissionais expressam como sendo uma tolerância.

É recomendável uma atenção ao fato de que o instrumento deve ser ajustado de acordo com as recomendações do fabricante, que as normas indicadas pelos mesmos devem ser utilizadas e que as medições devem ser feitas de acordo com o recomendado. Uma característica importante é o fato da calibração nos instrumentos ser feita à temperatura ambiente. É importante, destacar a influência da experiência dos profissionais em medições na aquisição correta dos valores finais do desvio padrão experimental.

4.3.1 As normas técnicas específicas voltadas para a calibração dos instrumentos topográficos e geodésicos

Porventura a ISO pode ser considerada como a precursora dos organismos de normalização. A instituição é uma federação mundial de organismos de padrões nacionais que, ao final de 2001, tinha cerca de 140 organismos nacionais de normalização filiados. O número de normas impressas pela ISO aumentou em torno de 1000 (cerca de 75000 páginas) desde o final de 1999, quando ocorreu um "boom" no mercado de normalização.

A ISO busca "promover o desenvolvimento da normalização com objetivo de facilitar o intercâmbio internacional de bens e serviços, assim como desenvolver a cooperação no âmbito intelectual científico, tecnológico e econômico". A adoção das normas internacionais, é feita de forma voluntária, contudo, atualmente os padrões estão sendo tão exigidos por empresas contratantes e clientes, que a aderência dos mesmos por parte dos estabelecimentos prestadores de serviços e produtos se tornou obrigatória. A ISO trabalha com metas, que objetivam facilitar as trocas comerciais, intercâmbio e transferência de tecnologia, isso através de:

- Simplificação para melhorar a operação;
- Redução do número de modelos e, portanto, redução de custos;
- Reforço da qualidade do produto e confiabilidade no preço razoável;
- Maior Compatibilidade e a interoperabilidade dos produtos e serviços e
- Aumento da distribuição, eficiência e facilidade de manutenção.

A ISO trabalha com a ajuda da Organização Mundial do Comércio (OMC). Estes dois órgãos estão unidos a outros, incluindo:

- Organismos nacionais de normalização (que estão cada vez adotando as normas internacionais diretamente, em vez de criarem suas próprias normas);
- Governos (As leis podem ser vistas como estabelecimento de normas); e
- Empresas.

Os peritos designados pelos organismos nacionais de normalização são normalmente acadêmicos e agentes do setor público. Dessa forma, os projetos passam pelas mãos de profissionais de diferentes formações e processos, para garantir que será atingido um consenso entre todos aqueles que participam da formação dos padrões e para garantir que se atendam adequadamente as necessidades das comunidades. É crescente o número de organizações do setor privado que está começando a ver os benefícios da participação no processo de normalização.

Assim, por definição, todas as pessoas e organismos envolvidos na criação de uma norma podem dar uma contribuição substancial para os documentos publicados.

As normas técnicas específicas para os instrumentos de precisão, que são as da série ISO 17123, foram preparadas pelo comitê técnico ISO /TC 172 – Optics and optical instruments, Subcomitê SC 6 – Geodetic and Surveying instruments.

4.3.1.1 Norma Técnica: ISO 17123-2:2001 – Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 2: Levels

Esta norma discrimina os procedimentos a serem adotados na determinação e avaliação da acurácia dos níveis e os seus equipamentos auxiliares, quando usados na construção e nas medições topográficas. Basicamente, este procedimento busca:

- Indicar se a precisão dos níveis está dentro da tolerância determinada;
- Estabelecer a qualidade dos instrumentos para uma tarefa específica e para satisfazer os requisitos de outras normas.

A norma ISO 17123-2:2001 pode ser conhecida como um dos primeiros passos no processo de avaliação da incerteza de uma medição.

Esta segunda parte da norma traz os dois procedimentos de campo usados para determinar e avaliar a precisão dos níveis, conhecidos por teste simplificado e teste completo. Também consta nesta parte da norma o teste estatístico, recomendado para ser feito sempre após a realização do teste completo.

Apresentação dos testes:

a) Procedimento do teste simplificado de campo

Tal procedimento é geralmente realizado para conferir a precisão de um nível ótico para ser usado em nivelamentos de áreas e para tarefas onde as linhas de nivelamento são desiguais. Este procedimento do teste simplificado se fundamenta em um número restrito de medições. Assim, um desvio padrão expressivo não pode ser atingido.

Este trabalho fará uma descrição sucinta do procedimento e todos os detalhes poderão ser encontrados na norma ISO 17123-2.

Antes de começar a realização do procedimento, o aparelho deve sofrer uma aclimatação ao ambiente de campo, para a estabilização da temperatura do mesmo. Este tempo de aclimatação é da ordem de 20 minutos.

Em seguida adota-se um local plano visando minimizar o efeito da refração o menor possível e escolhem-se dois pontos distantes 60 metros. Depois se realiza a leitura na mira dos dois pontos, A e B, seguindo esta ordem: no primeiro conjunto de observações instala-se o nível meio do lance entre A e B (ver Figura 4.6). Realiza-se 10 conjuntos de medidas, sendo que cada conjunto corresponde a uma leitura de ré e uma de vante.

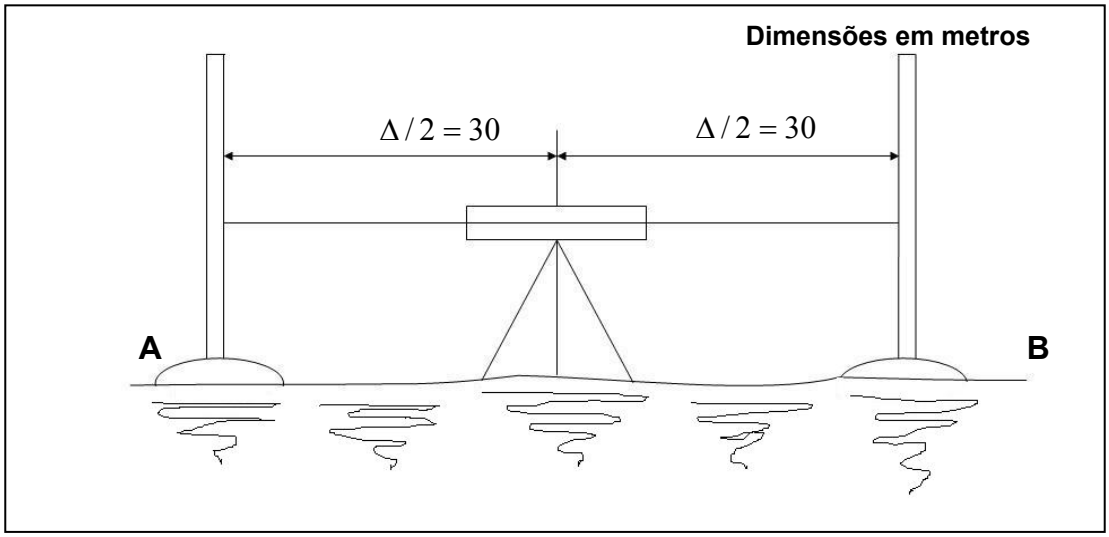


Figura 4.6: Primeira configuração da linha de ensaio para testar o procedimento simplificado, figura adaptada da norma ISO 17123-2.

O processo inicia com 5 pares de leituras com ré em A e vante em B. Após as 5 leituras, repete-se o processo, porém com ré em B e vante em A.

No segundo conjunto de observações, o nível deve ser instalado a 10 metros de A e 50 metros de B (ver Figura 4.7) O procedimento adota as orientações anteriores.

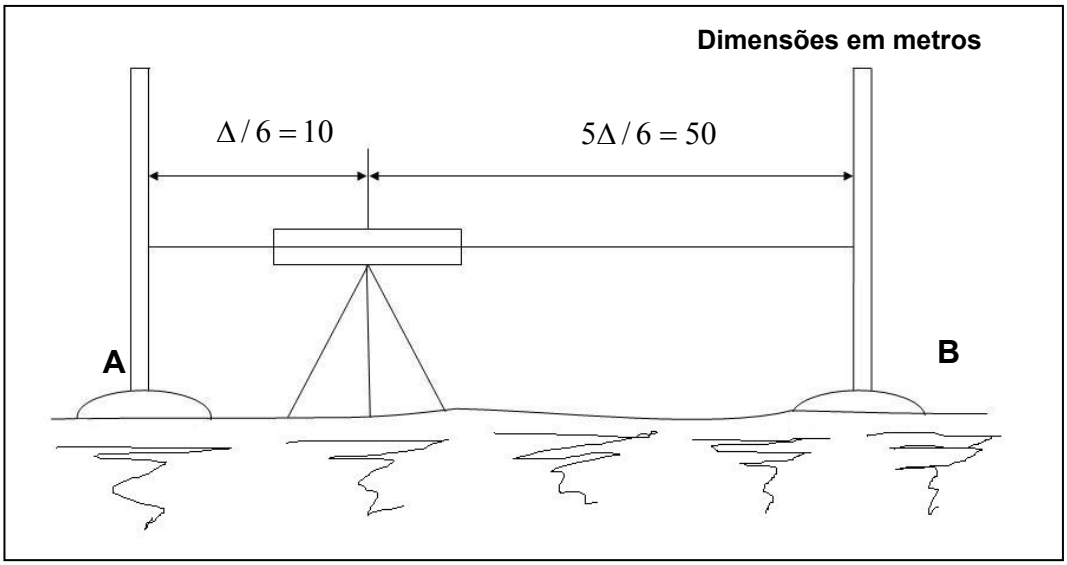


Figura 4. 7: Segunda configuração da linha de ensaio para testar o procedimento simplificado, figura adaptada da norma ISO 17123-2.

Analisando os resultados, calculam-se inicialmente as diferenças ente as leituras efetuadas em A e em B, onde $d_j =$ a diferença entre as leituras ocorridas em A e em B, ou seja, é o desnível.

$$d_j = x_{Aj} - x_{Bj} \qquad j = 1,2,...,20 \tag{4.2}$$

Deve-se calcular a média aritmética do primeiro conjunto de medidas, que é chamado de $\overline{d}_1$ e considera-se como o desnível verdadeiro ente A e B.

$$\overline{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} d_j}{10} \tag{4.3}$$

Calculam-se os resíduos referentes ao conjunto de medidas:

$$r_j = \overline{d}_1 - d_j \tag{4.4}$$

Sendo:

$r_j =$ Resíduo;

$\overline{d_1} =$ Medida aritmética das observações; (4.5)

$d_j =$ Leituras com $j = 1,2,...,10.$

Importante lembrar que a soma dos resíduos deve ser nula, para que se possa obter uma solução única para o conjunto de medidas.

A seguir, calcula-se o desvio padrão s (da diferença de nível):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_j^2}{v}} \; ; \qquad (4.6)$$

Sendo:

$\sum_{j=1}^{10} r_j^2 =$ Soma dos quadrados dos resíduos r_j da parte 1.

$v = 10 - 1 = 9 =$ Grau de liberdade.

Posteriormente calcula-se a média aritmética do segundo conjunto:

$$\overline{d_2} = \sum_{j=11}^{20} \frac{d_j}{10} \qquad (4.7)$$

O cálculo da diferença entre as médias aritméticas $\left(\overline{d_1} - \overline{d_2}\right)$ deve estar dentro da tolerância $\pm\rho$, segundo a norma ISO 4463-1, de acordo com o levantamento pretendido. Caso ρ não esteja indicado, deverá estar dentro do limite a seguir:

$$\left|d_1 - d_2\right| \langle \; 2{,}5 \text{ s} \qquad (4.8)$$

Sendo s o desvio padrão calculado anteriormente, e 2,5 o valor que representa estatisticamente 95% de confiança dos resultados obtidos. Caso ocorra uma discordância maior do que a permitida, é indicado que haja a verificação do aparelho, ou redução das distâncias de visada.

b) Procedimento do teste completo de campo

Este é semelhante ao teste simplificado. As bases devem estar distantes 60 metros e o nível instalado na metade do segmento. Ver Figura 4.8.

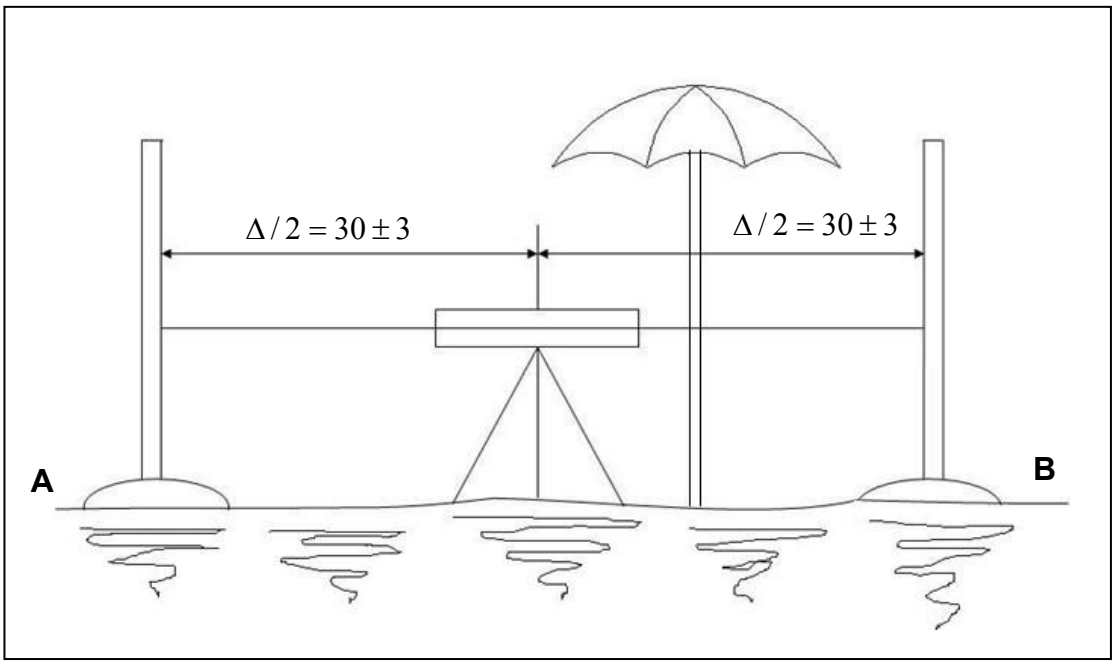


Figura 4. 8: Configuração da linha de ensaio para testar o procedimento completo, figura adaptada da norma ISO 17123-2.

Deverão ocorrer duas séries de medições. A primeira com 20 pares de medições, com ré em A e vante em B para cada par. Após as 10 primeiras medições $(X_{A1}, X_{b1}, \ldots, X_{A10}, X_{B10})$, os pontos de ré devem ser trocados para $(X_{B1}, X_{A1}, \ldots, X_{B10}, X_{A10})$.

Já no segundo conjunto de observações, as duas miras devem ser trocadas e o procedimento de leitura repetido por mais 20 vezes, igualmente ao procedimento anterior:

Os cálculos devem ser assim realizados:

Cálculo de d_j, a diferença entre a linha de ré e a de vante:

$$d_j = X_{Aj} - X_{Bj}\text{; ⋯com } j = 1,2,...,40. \qquad (4.9)$$

Cálculo da média aritmética $\overline{d_1}$ entre as leituras de ré e vante da primeira série de medidas e a média aritmética $\left(\overline{d_2}\right)$ entre as leituras de ré e vante da segunda série de medidas.

Obtenção dos resíduos das séries:

$$r_j = \overline{d_1} - d_j\text{; com } j = 1,2,...,20. \qquad (3.10) \qquad (4.10)$$

$$r_j = \overline{d_2} - d_j\text{; com } j = 21,22,...,40. \qquad (4.11)$$

A soma dos resíduos deve ser nula:

$$\sum_{j=1}^{20} r_j = 0 \quad \sum_{j=21}^{40} r_j = 0 \qquad (4.12)$$

$$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 = \sum_{j=1}^{20} r_j^2 + \sum_{j=21}^{40} r_j^2; \qquad (4.13)$$

Sendo:

$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 =$ Somatório dos quadrados dos resíduos r_j.

Cálculo do grau de liberdade:

$$v = 2 * (20 - 1) = 38 \qquad (4.14)$$

O valor do desvio padrão experimental (s) é válido para a diferença de nível a distância máxima ente as bases (60 metros).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{v}} \tag{4.15}$$

$$S_{ISO-LEV} = \frac{s}{\sqrt{2}} * \sqrt{\frac{1000m}{60m}} = 2{,}89s \tag{4.16}$$

Sendo:

$S_{ISO-LEV} =$ Desvio padrão para 1 km de duplo nivelamento.

c) Procedimento do Teste Estatístico

Ao final do teste completo, a norma determina que sejam feitos testes estatísticos, empregando o desvio padrão experimental (s) de uma diferença de altura medida na linha de testes e a diferença δ (zero point offset) de duas miras e seu desvio padrão experimental (S_δ).

A realização do testes estatísticos deve permitir as respostas de determinados questionamentos, como por exemplo:

O desvio padrão experimental (s) é menor ou igual ao indicado pelo fabricante ou outro valor indicado de σ? (ISO 17123-2; p.08)

Como os dois padrões, s e $\tilde{s}$, determinados a partir de duas amostras diferentes de medições pertencem à mesma população, assumindo que as duas amostras possuem o mesmo grau de liberdade (v) ? (ISO 17123-2; p.09).

Os desvios padrões s e $\tilde{s}$ podem se adquiridos quando:

- Duas amostras de medições realizadas pelo mesmo instrumento, porém com observadores diferentes;
- Duas amostras de medições realizadas pelo mesmo instrumento, mas em diferentes épocas;
- Duas amostras de medições realizadas por diferentes instrumentos.

$i) \rightarrow$ **A diferença δ obtida nos dois levantamentos compensados é igual a zero?**

A Tabela – 4.1 apresenta um resumo dos testes estatísticos e diversos detalhes dos mesmos podem ser encontrados na referida norma.

Tabela 4.1: Resumo dos Testes estatísticos

Perguntas	Hipótese Nula	Hipótese Alternativa
a)	$s \leq \sigma$	$s \rangle \sigma$
b)	$\sigma = \ddot{\sigma}$	$\sigma \neq \ddot{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

4.3.1.2 Norma técnica: ISO 17123-3:2001 – Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 3: Theodolites

Esta norma ISO 17123-3:2001 especifica os procedimentos de campo a serem adotados para a determinação e avaliação da precisão (repetibilidade) de teodolitos e seus equipamentos auxiliares (tripé, prisma, nível de bolha para bastão), quando usados na construção e na localização precisa das medições.

Basicamente, este procedimento busca verificar a qualidade dos instrumentos para uma tarefa específica e para satisfazer os requisitos de outras normas.

Esta norma pode ser conhecida como um dos primeiros passos no processo de avaliação da incerteza de uma medição, que depende de inúmeros fatores, tais como, a repetibilidade (precisão), reprodutibilidade (qualidade entre a repetibilidade), rastreabilidade (uma cadeia ininterrupta de padrões nacionais) e uma avaliação cuidadosa de todas as fontes de erros como determinadas pela Guia ISO para expressar a incerteza das medições, como aplicado pela Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM).

Este procedimento de campo foi desenvolvido especificamente para aplicações no local da medição, especialmente, sem a utilização de instrumentos auxiliares que geralmente são usados para minimizar as influências atmosféricas.

Antes de começar a realizar qualquer levantamento, é importante verificar se a precisão do aparelho utilizado na medição é apropriada para as condições do trabalho requisitado. A medida da precisão dos teodolitos é expressa em termos do desvio padrão experimental (raiz quadrada do erro médio) das direções horizontais (HZ), observada uma vez em ambas as posições da luneta ou do ângulo vertical (V) observado uma vez em ambas as posições da luneta.

As configurações e os procedimentos necessários para realizar as medições das direções horizontais e as medições dos ângulos verticais

Serão apresentadas as configurações necessárias para a realização do teste de campo para medir as direções horizontais e os ângulos verticais. Será apresentada também a quantidade de medições necessárias para estes testes e por fim, apresentados os procedimentos simplificados e completos tanto para as medidas das direções horizontais quanto para os ângulos verticais.

A. Sobre as medições das direções horizontais:

Apresenta-se a configuração para o teste de campo, o número de medições necessárias para a realização do teste e um resumo do procedimento de campo simplificado e completo.

A.1) A configuração necessária para a realização dos teste de campo simplificado e completo

Para a realização do teste simplificado é necessário a materialização de quatro pontos fixos e para o teste completo, a materialização de cinco pontos fixos. Tais pontos devem ser implantados em um plano horizontal aproximado entre 100 a 250 metros de distância, e dispostos em intervalos o mais regulares possível das direções horizontais. Devem ser fixados de forma que possam ser identificados facilmente. Veja a Figura 4.9:

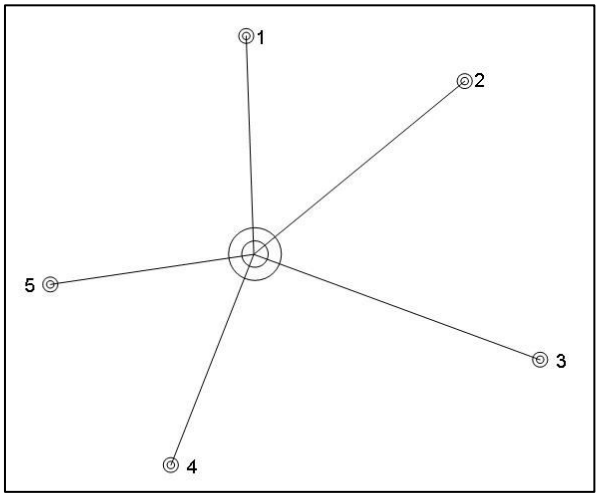


Figura 4.9: Configuração do teste de medição para direções horizontais

A.2) O número de medições que devem ser realizadas nos testes de campo simplificado e completo

Inicialmente admite-se que:

m =número de séries de medições;

i = medições;

n =conjunto de direções e

t =foco (alvo).

Para o teste simplificado é necessário $m = 1$ (uma) série de medições e para o teste completo é necessário $m = 4$ (quarto), séries de medições.

Cada série (i) de medições deve ser composta por $n = 3$ (três) conjuntos (j) de direções para o $t = 4$ (quatro) para o teste simplificado ou $t = 5$ (cinco) focos (k) para o teste completo.

No teste completo, ao ajustar o teodolito para realizar diferentes séries de medições, devem ser tomados cuidados especiais no momento de centralizar o ponto da base. Para alcançar precisão de centragem, em termos de desvio padrão experimental é necessário que:

- O desvio padrão do fio de prumo fique entre 1 mm a 2 mm (este valor pode piorar caso haja vento);
- O desvio padrão do prumo ótico ou a laser seja de 0,5 mm (onde o ajuste deve ser realizado de acordo com o manual do fabricante) e
- O desvio padrão do bastão de centragem seja de 1 mm.

A.3) Os cálculos realizados nos teste de campo simplificado e completo

Os cálculos realizados podem ser encontrados na norma internacional ISO 17123-3:2001. A seguir será apresentado um resumo do teste simplificado e do teste de completo de campo para a determinação e avaliação da precisão dos teodolitos e dos seus equipamentos auxiliares.

A.3.1) Procedimentos do teste de campo simplificado

Este teste é caracterizado pela observação em 4 alvos , sendo que deve ser realizado uma série de medidas com três conjuntos de observações. Cada conjunto é formado pela observação na posição direta (PD) e na posição invertida (PI) em cada um dos quarto alvos distribuídos ao redor de um pilar central. Sendo assim, ao final do teste simplificado terão sido realizadas 12 observações em cada posição (PD e PI). A precisão do aparelho pode ser analisada através do cálculo do desvio padrão experimental que consiste na raiz quadrada da soma dos quadrados dos resíduos das i séries medidas. A seqüência completa de cálculo pode ser encontrada na ISO 17123-3; p.04.

A.3.2) Procedimentos do teste de campo completo

Este teste de campo é caracterizado pela observação de cinco alvos, sendo que devem ser realizados quarto séries de medidas, com três conjuntos de observações por série. Cada conjunto é formado pela observação na posição direta (PD) e na posição invertida (PI) em cada um dos cinco alvos distribuídos ao redor de um pilar central. É importante que para cada conjunto de observações, seja feita a reiteração no aparelho de $60°$ para que as leituras contemplem toda a extensão do limbo horizontal. Sendo assim, ao final do teste completo terão 60 observações em cada posição, PD e PI (ISO 17123-3; p.04).

A precisão do aparelho pode ser analisada através do cálculo do desvio padrão experimental, que consiste na raiz quadrada da soma dos quadrados dos resíduos da i séries de medições. As equações de ajustamento de observações servem para avaliar os valores medidos e a seqüência de cálculo pode ser encontrada na ISO 17123-3; p.05.

A.4) Os testes estatísticos

Os testes estatísticos são recomendados apenas para o teste de campo completo. Os resultados dos testes estatísticos são interpretados (Tabela – 4.2) para o desvio padrão experimentais, s, de uma direção horizontal observada nas posições PD e PI da luneta, que deve atender a alguns requisitos (ISO 17123-3; p.06):

- O desvio padrão experimental (s) é menor que o valor σ indicado pelo fabricante ou menor que o outro valor pré-determinado para σ.
- Dois desvios-padrão experimentais (s e $\bar{s}$) são estabelecidos por duas diferentes amostras de observações, pertencentes à mesma população, adotam que ambas possuem o mesmo grau de liberdade, ν. Os desvios padrão (s e $\bar{s}$) mencionados anteriormente, de acordo com a norma ISO 17123-3; p.07 podem ser obtidos através de:

- Duas amostras de observações, do mesmo equipamento, obtidos por observadores distintos;
- Duas amostras de observações, do mesmo equipamento, em horários e épocas distintas;
- Duas amostras de observações de diferentes aparelhos.

A análise estatística prossegue calculando o nível de confiança das observações como sendo $1-\alpha = 0{,}95$ e o grau de liberdade, como definido anteriormente, $\upsilon = 32$.

Tabela 4.2: Avaliação dos Testes Estatísticos

Avaliação	H_0	$H_{alternativa}$
a)	$s \leq \sigma$	$s \rangle \sigma$
b)	$s = \bar{s}$	$s \neq \bar{s}$

Fonte: ISO 17123-3

Para que haja uma melhor compreensão dos resultados dos testes estatísticos, é feito a seguir uma avaliação das observações matemáticas para cada um dos dois itens abordados no quadro acima.

- **Avaliando o item a) do teste estatístico apresentado na Tabela 4.5:**

A hipótese nula só é aceita se o desvio-padrão experimental (s) de uma direção horizontal observada em duas posições da luneta for igual ou menor do que o valor teórico ou pré-determinado pelo fabricante do aparelho (σ), deve ser satisfeita, caso contrário rejeite a hipótese nula.

Assim:

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{x^2_{1-\sigma}(v)}{v}}; \qquad (4.17)$$

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{x^2_{0,95}(32)}{32}}; \qquad (4.18)$$

$$x^2_{0,95}(32) = 46,19; \qquad (4.19)$$

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{46,19}{32}}; \qquad (4.20)$$

$$s \leq \sigma * 1,20. \qquad (4.21)$$

- **Avaliando o item b) do teste estatístico apresentado na Tabela 4.5:**

A hipótese nula é aceita se as duas amostras avaliadas forem da mesma população $(\sigma = \overline{\sigma})$, deve ser satisfeita, caso contrário, rejeite a hipótese nula.

Sendo assim:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v,v)} \leq \frac{S^2}{\tilde{S}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v,v); \tag{4.22}$$

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(32,32)} \leq \frac{S^2}{\tilde{S}^2} \leq F_{0,975}(32,32); \tag{4.23}$$

$$F_{0,975}(32,32) = 2,02; \tag{4.24}$$

$$0,49 \leq \frac{S^2}{\tilde{S}^2} \leq 2,02 \tag{4.25}$$

O grau da liberdade e, assim, os correspondentes valores de teste $x^2_{1-\alpha}(v)$ e $F_{1-\alpha/2}(v,v)$ (valores retirados dos livros de referência em estatística) modifica-se se um número diferente de medições é analisado.

1. Sobre as medições dos ângulos verticais

Apresenta-se a configuração para o teste de campo, o número de medições necessárias para a realização do teste e um resumo do procedimento de campo simplificado e do procedimento de campo completo.

a) Configuração necessária para o teste de campo

Para a realização das medições dos ângulos verticais, o teodolito deverá estar estacionado a uma distância de aproximadamente 50 metros de um grande edifício, em que serão marcados pontos bem definidos (quinas de janelas, de antenas ou cantos de tijolos). Para que o trabalho seja composto por um número de pontos satisfatório, é recomendável fixar alvos nas paredes até cobrir uma área angular vertical de aproximadamente 30°. Veja a ilustração da Figura 4.10.

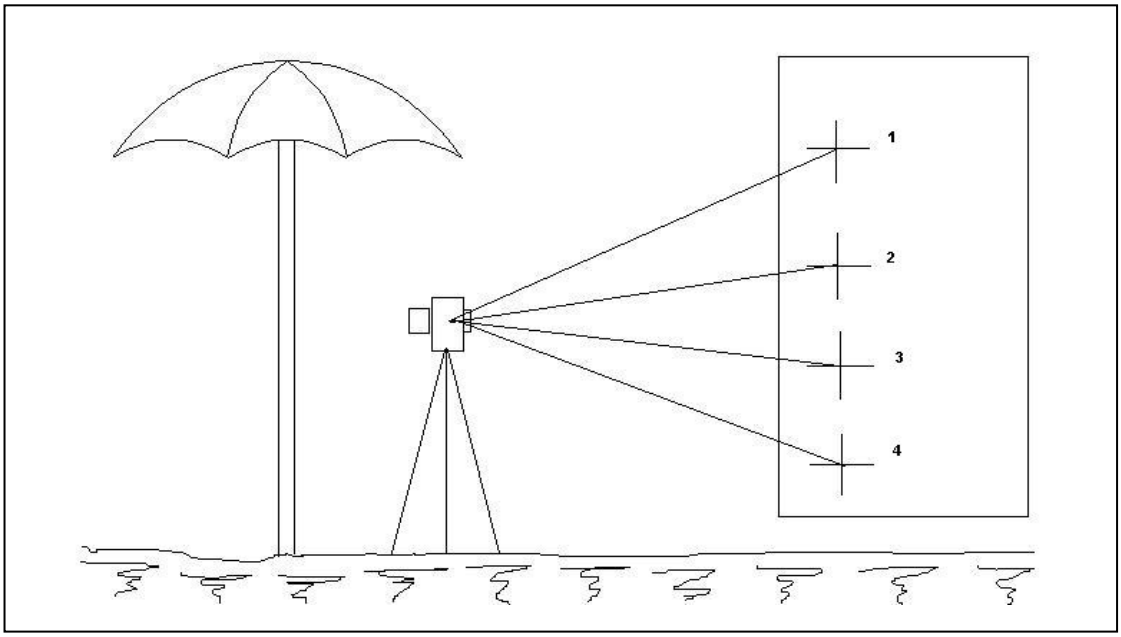


Figura 4.10: Configuração para medição de ângulos verticais, adaptado da norma 17123-3, 2001.

b) Número de medições que devem ser realizadas

Antes de começar os trabalhos de medições, o aparelho deve ser aclimatizado à temperatura ambiente, para que não haja influência negativa sobre os trabalhos que serão realizados com tal instrumento. O tempo mínimo necessário para a aclimatação é de aproximadamente 20 minutos. Admite-se que:

m =número de séries de medições;

i =medições;

n =conjunto de direções e

t =foco (alvo).

Para o procedimento do teste simplificado é necessário $m = 1$ (uma) série de medições, $x_{j,k}$, que deve ser realizada. Esta série de medições é composta por $n = 3$ (três) conjuntos (j) de direções para $t = 4$ (quatro) alvos (k).

Para o teste completo é necessário $m = 4$ (quatro) séries de medições, que podem ser realizadas sob condições atmosféricas adversas, porém, não em condições extremas. Cada série de medições deve ser composta por $n = 3$ (três) conjuntos (j) de direção para $t = 4$ (quatro) alvos (k).

A quantidade de $t = 4$ (quatro) alvos deve ser observada em cada um dos $n = 3$ (três) conjuntos na posição direta da luneta, seguindo a seqüência do alvo n°1 para o alvo n° 4. E ainda no mesmo conjunto, deve-se inverter a luneta e realizar medições seguindo a seqüência do alvo n° 4 para o alvo n° 1.

c) Cálculos para a verificação dos valores medidos

A verificação dos valores medidos é um ajustamento dos mínimos quadrados das equações de observações. Dentro de uma série de inúmeras medições, um ângulo vertical, geralmente um ângulo zenital, é definido por:

$x_{j,k,I}$ ou $x_{j,k,II}$ sendo:

O índice k é o número do alvo, j é número de conjuntos de direções e I, II indicam as posições direta e invertida da luneta.

Durante todo o procedimento de teste, cada uma das m =4 séries de medições é avaliada separadamente. Primeiramente, são calculados os valores médios das

leituras realizadas nas duas posições da luneta. Tais valores não são atingidos pelo erro do índice vertical (δ_i), contudo, este erro deve ser calculado para cada série de medições separadamente. É recomendado apenas para o teste de campo completo.

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 360°}{2} = \left(\frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 400gon}{2} \right); \qquad (4.26)$$

Onde:

$j = 1, 2, 3;$

$k = 1, ...,4;$

$gon =$ Símbolo internacional para a unidade de medida Grado, de acordo com ISO 31-1.

$$\delta_i = \frac{1}{nxt} \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 360°}{2} = \left(\frac{1}{nxt} \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 400gon}{2} \right) \qquad (4.27)$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{4} \delta_i}{4} \qquad (4.28)$$

Os valores médios dos ângulos verticais resultantes de $n = 3$ (três) conjuntos para os alvos , podem ser calculados da seguinte forma:

$$\overline{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \qquad (4.29)$$

Onde:

$k = 1,...,4.$

Os resíduos resultantes:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \overline{x}_k; \tag{4.30}$$

Sendo:

$j = 1, 2, 3;$

$k = 1, ...,4$

Exceto para os erros ocorridos na representação aproximada de um número, os resíduos de todos os conjuntos devem atender os seguintes requisitos:

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4} r_{j,k} = 0 \tag{4.31}$$

O somatório dos resíduos das inúmeras medições da série é:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4} r_{j,k}^2 \tag{4.32}$$

Para $n = 3$ (quatro) conjuntos de ângulos verticais para $t = 4$ (quatro) alvos, e neste caso, o grau de liberdade é:

$$v_i = (3-1) * 4 = 8 \tag{4.33}$$

e o desvio padrão experimental, s_i, de um ângulo vertical, $x'_{j,k}$, observados em um conjunto em ambas as posições da luneta, válidas para i séries de medições valem para:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \tag{4.34}$$

As duas próximas equações (35 e 36) são aplicáveis apenas no procedimento simplificado. Sejam:

$$v = v_1 \tag{4.35}$$

$$s = s_1 \tag{4.36}$$

As equações restantes são aplicáveis ao teste completo:

Para o cálculo do desvio padrão experimental s, calculado para todas as $m = 4$ (quatro) séries de medições, o grau de liberdade é:

$$v = 4 * \nu_i = 32 \tag{4.37}$$

e o desvio padrão experimental para o ângulo vertical observado em ambas as posições da luneta, calculada para todas as $m = 4$ (quatro) série de medições, é:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4}\sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4}\sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} s_i^2}{4}} \tag{4.38}$$

$$s_{ISO-THEO-V} = s \tag{4.39}$$

d) Os testes estatísticos

Os testes estatísticos são recomendados apenas para o teste de campo completo.

Para a interpretação dos resultados, os testes devem ser realizados usando o desvio padrão experimental (s) de um ângulo vertical observado em ambas as posições da luneta, o índice do erro vertical (δ), e o seu desvio padrão experimental (s_δ), a fim de responder as seguintes perguntas:

a) É calculado o desvio padrão experimental (s), menor que um valor correspondente (σ) indicado pelo fabricante ou menor do que outro valor predeterminado (σ)?
b) Calcular dois desvios-padrão (s e $\tilde{s}$), como determinado para dois diferentes exemplos de medições, pertence a uma mesma população, partindo do princípio que ambas as amostras têm o mesmo número de grau de liberdade (v)?

Os desvios-padrão experimentais podem ser calculados a partir de:

- Duas amostras de medições pelo mesmo instrumento, contudo, com diferentes observadores;
- Duas amostras de medições pelo mesmo instrumento, contudo, em diferentes épocas; e
- Duas amostras de medições por instrumentos distintos.

c) O erro do índice vertical (δ) é igual a zero?

Os testes seguintes um nível de confiança de $1-\alpha = 0{,}95$ e de acordo com o projeto das medições, um grau de liberdade de $v = 32$ são assumidos.

A seguir é feito um resumo dos testes estatísticos que são apresentados na norma ISO 17123-3: 2001. Os resultados são apresentados na Tabela 4.3:

Tabela 4.3: Avaliação dos Testes Estatísticos

Avaliação	H_0	$H_{alternativa}$
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

Fonte: ISO 17123-3:2001

4.3.1.3 Método compacto adaptado da norma ISO 17123-3 para laboratórios: Compact Method of Testing Total Stations

Alojzy Dzierzega e René Scherrer publicaram em 2003 um artigo em que apresentava um método compacto que era uma adaptação da norma ISO17123-

3:2001 para ambiente laboratorial. Esse método foi criado para determinar e avaliar a exatidão das medições angulares e de distâncias dos instrumentos usados em mensuração. Neste método compacto, as medições angulares são feitas com colimadores e nas medições de distância podem ou não serem usados refletores (fitas adesivas). Nesta adaptação ocorreram duas otimizações em relação à norma ISO 17123-3:2001. Uma em relação ao espaço, que geralmente é restrito em ambiente laboratorial e outra, em relação ao tempo de realização do trabalho. Este método foi instituído basicamente para atender as oficinas de serviços ou laboratórios de instituições de ensino, que normalmente possuem restrição de espaço.

Como citado anteriormente, a DIN e a ISO possuem métodos rígidos para avaliar a exatidão das medidas angulares e das medidas de distâncias dos instrumentos de agrimensura, contudo, problemas podem surgir, tais como:

- Não se encontrar uma área que seja conveniente para a realização do teste;
- Despender de um tempo elevado para a construção ou montagem de um aparelho e usá-lo apenas para um único teste ou para testes esporádicos;
- O preço para a instalação permanente para a realização de ensaios ser elevado; e
- O tempo gasto na execução das medições.

Os fatos citados anteriormente ocorrem com mais freqüência nas oficinas de manutenção localizados principalmente em áreas metropolitanas e os laboratórios de instituição de ensino. A seguir faremos uma descrição das configurações e dos procedimentos básicos e necessários para a realização dos testes que avaliam exatidão dos instrumentos de agrimensura em ambiente laboratorial. Tal reprodução é feita com objetivo de atender as necessidades dos centros de serviços, dos laboratórios das instituições de ensino e para eliminar os erros que foram descritos acima.

1. Sobre a configuração das medidas angulares zenitais e medidas horizontais

No momento de configurar as medições angulares zenitais e horizontais é importante levar em consideração o tamanho do local disponível e o tempo gasto na realização das medições.

a) Configuração necessária para a realização das medições angulares zenitais e horizontais

Primeiramente o aparelho deve ser instalado em uma base que esteja montada firmemente em um pilar de aço ou concreto. Para a realização das medições angulares são necessários cinco colimadores, ilustrados como nas Figuras 4.11 e 4.12. Dois dos colimadores são montados na direção horizontal e os outros três disponibilizados de forma que cubram um ângulo de elevação de +30° e -40°. Esta disposição dos colimadores serve para otimizar o tempo da medições horizontais e das medições do ângulo zenital, que neste método adaptado é feita em um único passo. Como o cruzamento dos fios do colimador é apontado para o centro, são permitidas medições simultâneas entre medições horizontais e do ângulo zenital. Este método é adequado para ambiente laboratorial, pois as influências atmosféricas como refração, calor excessivo e mudanças bruscas de temperatura são fatores desprezíveis neste ambiente.

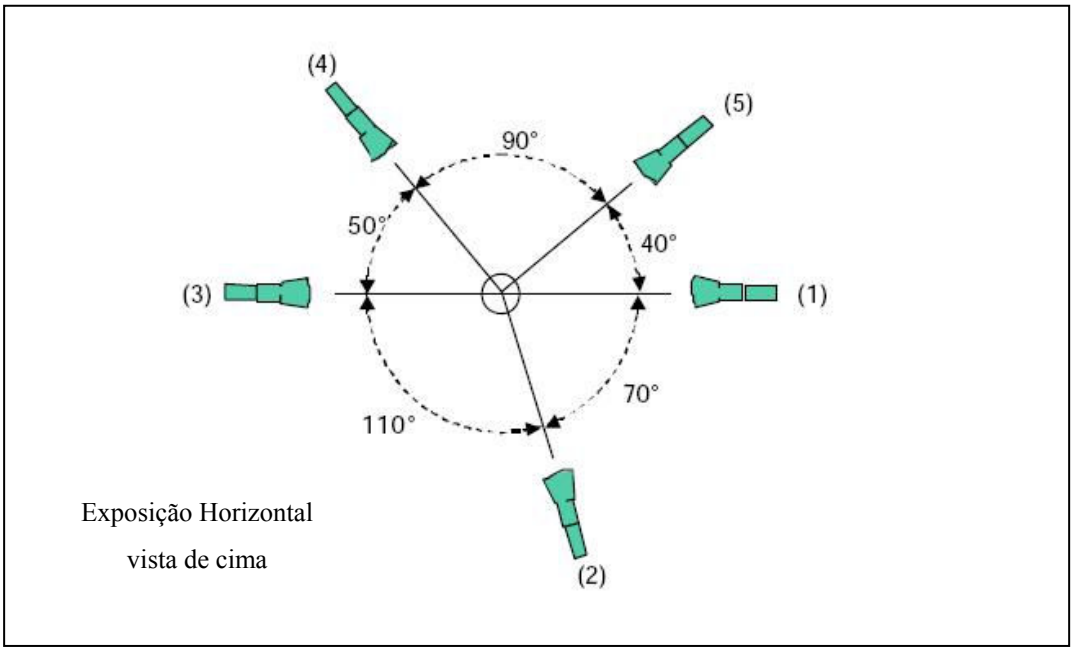


Figura 4. 11: Disposição dos colimadores horizontais para medições angulares. (Fonte: Compact Method of Testing Total Station, 2003).

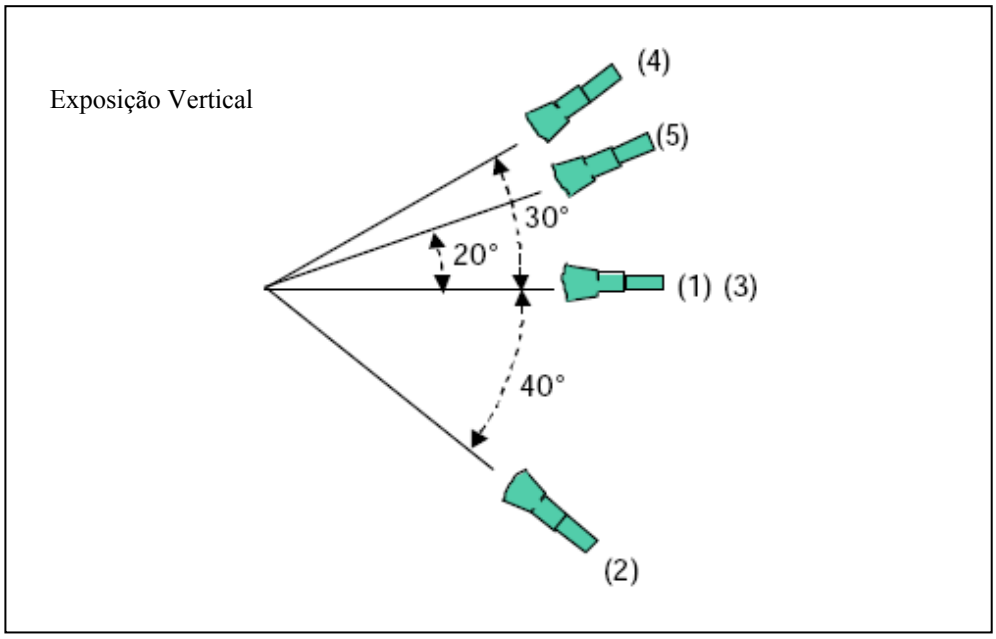


Figura 4. 12: Disposição dos colimadores verticais para medições angulares. (Fonte: Compact Method of Testing Total Station, 2003).

Uma atenção especial deve ser dada ao suporte (da parede ou do pilar) em que são montados os colimadores (Figura 4.13), pois deve possibilitar a rotação necessária para o alcance do alvo.

Figura 4.13:Colimador montado no suporte

b) Configuração necessária para a realização das medições de distâncias

Esta configuração é feita para testar a precisão das medições de distância e para determinar o valor da constante aditiva para um local delimitado, como é o caso de um laboratório. Para a determinação do fator de escala não é recomendado usar distâncias curtas. No laboratório, a instalação de um instrumento, seja em um pilar de aço ou um pilar de concreto, deve ser feita de tal forma que a distância de instalação atenda um intervalo de cobertura de 5 a 100 metros (Figura 4.14). Sendo assim, é necessária a montagem de alguns refletores ou fitas adesivas fora do ambiente laboratorial, como por exemplo, em edifícios adjacentes. A escolha dos pontos para o ensaio deve ser preferida por um local seguro e marcado por pontos de segurança que possam auxiliar na marcação desses locais.

Após a calibração do instrumento que foi adotado como de referência, é feita a medição das distâncias e a verificação das mesmas. Depois desse processo essas

distâncias são tidas como distâncias de referência. Se o local permite realizar medições simultâneas de distâncias e angular de um mesmo ponto, é aconselhável que seja feita dessa forma, porém, pode surgir a necessidade de instalar o instrumento em outro ponto para a realização das leituras.

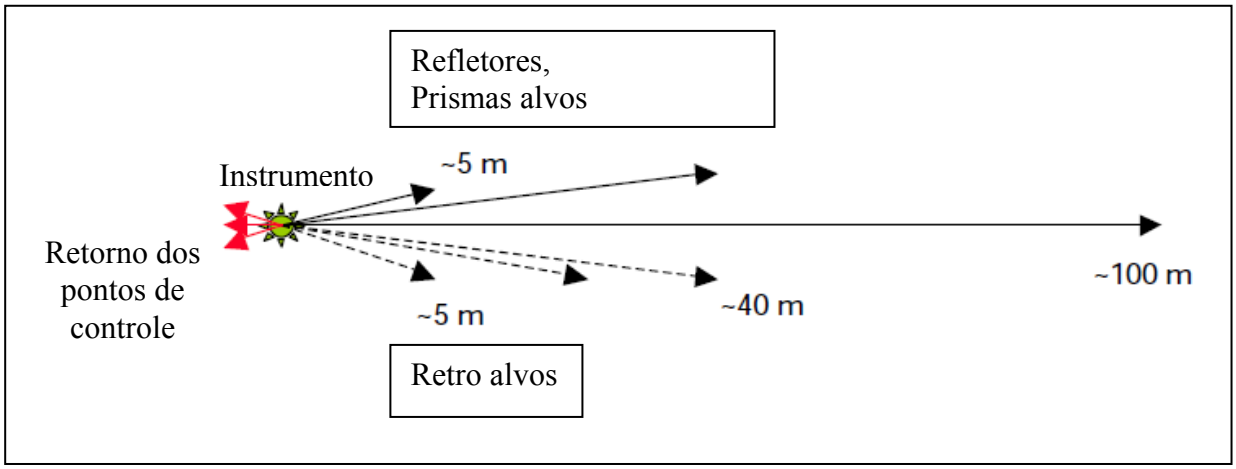


Figura 4.14: Configuração do equipamento de medição para avaliar as medições de distância

c) Procedimentos de medição

A seguir será apresentado um resumo dos procedimentos para a realização de medições angulares e de distâncias no método compacto adaptado para laboratórios.

Medições angulares

Antes de iniciar o procedimento de medição angular, o instrumento deve estar a uma temperatura semelhante a temperatura ambiente. A linha de colimação, o eixo horizontal, o índice vertical e os dois erros do ponto zero do compensador podem ser ajustados, contudo, não podem influenciar a acurácia das medições que são realizadas nas duas posições (direta e invertida) da luneta.

A partir de uma série composta por três conjuntos de ângulos são feitas medições em ambas as posições (direta e invertida) da luneta do aparelho. As mensurações são realizadas para os cinco colimadores. É visado o centro dos colimadores e então são medidos simultanealmente o zênite e os ângulos horizontais. A primeira metade do trabalho é feita no sentido horário, a outra metade no sentido anti-horário. Entre cada conjunto de medição, o instrumento deve ser retirado, rotacionado algo em torno de 120°, colocado novamente na base e fixado. Através deste procedimento poderão ser descobertos erros no sistema de medição angular.

A determinação do desvio padrão experimental é um processo realizado separadamente para as direções horizontais e para os ângulos zenitais e ocorre segundo as conhecidas fórmulas usadas para medir ângulos.

O desvio padrão estabelecido experimentalmente $s(Hz)$ de uma direção horizontal medido uma única vez em ambas as posições (direta e invertida) da luneta, é calculado da seguinte forma:

$$s(Hz) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5} r_{i,j}^{2}}{8}} \qquad (4.40)$$

Sendo:

$i =$ Número de conjuntos;

$j =$ Número de Pontos-alvo;

$r_{i,j} =$ Resíduos da medida de direção Hz para a média do conjunto

Já o desvio padrão estabelecido experimentalmente $s(V)$ de uma medida angular zenital medido uma única vez em ambas as posições (direta e invertida) da luneta, é assim calculado:

$$s(V) = \sqrt{\frac{\sum_{i=3}^{3}\sum_{j=1}^{5} r_{i,j}^{2}}{10}} \qquad (4.41)$$

Sendo:

$i =$ Número de conjuntos;

$j =$ Número de pontos-alvo;

$r_{i,j} =$ Resíduos da medida de ângulos V para a média do conjunto.

O interessante neste momento é avaliar se o desvio padrão determinado experimentalmente atende às especificações do fabricante.

Através de hipóteses comuns em teste estatísticos é possível atingir um nível de significância de 95% para os graus de liberdade $f = 8$ e $f = 10$. Isso para estabelecer um intervalo válido (arredondado) de 1.3.

$$\sqrt{\frac{x^2(95\%, f)}{f}} \geq 1.3 \qquad (4.42)$$

A equação acima significa que se o desvio padrão experimental é ≥ 1.3 vezes o valor das especificações do fabricante. O instrumento é classificado como inadequado, com fator de risco de 5% acima do valor aceitável.

Medições de distâncias

Antes de iniciar o procedimento de medição de distâncias efetivas, o instrumento deve estar a uma temperatura semelhante à temperatura ambiente e os parâmetros específicos padrões como, por exemplo, a constante aditiva, deve ser estabelecida. Assim, considera-se que o instrumento esteja isento de qualquer erro de escala.

Embora esteja medindo as distâncias, a temperatura e a pressão devem ser consideradas. Deste modo, ao corrigir as distâncias, as influências atmosféricas serão admitidas e poderão ser comparadas aos valores de referência.

A determinação da precisão e da constante aditiva deve ser um processo realizado separadamente para cada tipo de alvo (no refletor, na fita refletiva ou sem o

refletor). O planejamento de medição para cada tipo de alvo compõe-se de três conjuntos de medições realizadas em ambas as posições (direta e invertida) da luneta para três alvos localizados em distâncias diferentes.

São realizadas seis medições para cada distância e determinada um constante aditiva $AddC_i$ para cada um delas:

$$AddC_i = \left(Known_i - \frac{1}{6}\sum_{j=1}^{6} Meas_{i,j} \right), \qquad (4.43)$$

Sendo:

$Known =$ Distância de referência (adotado como verdadeiro);

$Meas =$ Distância medida;

$i =$ Número de alvos (=número de distâncias de referência)

$j =$ Número de medidas por alvo.

Se a propagação destas três constantes aditivas for dispersas, as possíveis causas são:

- Alterações feitas no local, logo, verificar a distância de referência;
- Um erro de escala. Se a distância influencia as três constantes aditiva, deve ser determinado detalhadamente através da medição da freqüência; e
- Podem ter ocorrido condições instáveis no período das medições.

Se este não é o caso, então o valor médio $AddC$ da constante aditiva e seu desvio padrão experimental $s(AddC)$ é determinado da seguinte forma:

$$AddC = \frac{1}{3}\sum_{i-1}^{3} AddC_i \qquad (4.44)$$

$$s(AddC) = \sqrt{\frac{1}{6}\sum_{i=1}^{3}\left(AddC - AddC_i\right)^2} \qquad (4.45)$$

Os autores do método adaptado afirmaram que a realização de testes estatísticos para o cálculo da constante aditiva não é expressivo neste caso.

O desvio padrão $s(D)$ relacionado à sua repetibilidade (precisão) para medir distâncias em cada uma das posições é calculado a partir da soma do quadrado dos resíduos das distâncias. Primeiramente, a média de cada distância é determinada a partir das seis medições individuais.

$$\overline{Meas_i} = \frac{1}{6}\sum_{j=1}^{6} Meas_{i,j} \tag{4.46}$$

Nesta fase, são calculados os resíduos das medições individuais com as respectivas médias, elevados ao quadrado e somados:

$$s(D) = \sqrt{\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=i}^{6}\left(\overline{Meas_i} - Meas_{i,j}\right)^2} \tag{4.47}$$

O mesmo procedimento é utilizado para interpretar o resultado da precisão em relação às medições angulares. O resultado será de 1.29, porém é corrigido para 1.3.

Como a precisão é contornada, as direções horizontais, os ângulos verticais e medições de distâncias seguem a regra prática de aceitação de um instrumento:

$$s \leq 1.3 * \text{ especificações do fabricante} \tag{4.48}$$

d) Resultados do método compacto e comparações com o método apresentado pela norma ISO 17123-3

A comparação dos resultados obtidos com os mesmos instrumentos aplicando processos distintos de testes evidencia a eficiência, a confiabilidade e as limitações do método compacto para laboratório.

A seguir as Tabelas 4.4 e 4.5 mostram uma comparação entre a acurácia obtida para ângulos e distâncias. O método ISO em laboratório segue os mesmos procedimentos usados em campo exceto que apenas colimadores são usados nas medições.

Tabela 4.4: Comparação da acurácia para ângulos

Tipo de instrumento	**Ângulo**	**Acurácia**			
		Método Compacto (mgon)	**ISO em campo (mgon)**	**ISO em laboratório (mgon)**	**Especificação do fabricante**
TC 2003	Hz	0.12	0.15	0.11	0.15
	V	0.12	0.14	0.11	0.15
TCRA 1102	Hz	0.49	0.36	0.37	0.60
	V	0.26	0.35	0.17	0.60
TCR 303	Hz	0.54	0.50	0.34	1.0
	V	0.50	0.66	0.37	1.0
TC 605	Hz	0.86	0.89	0.67	2.0
	V	0.76	0.80	0.52	2.0

Fonte: Adaptado de Dzierzega; Scherrer, 2003.

Tabela 4.5: Comparação da acurácia para distâncias

Tipo de instrumento	Parâmetro	Método Compacto (mm)	ISO no campo (mm)	Especificação do fabricante
TCR 303	Constante aditiva	0.07	0.02	0
	Desvio padrão	0.30	0.29	2 mm+2ppm
TCRA 1102	Constante aditiva	0.01	0.02	0
	Desvio padrão	0.36	0.28	2 mm+2ppm

Fonte: Adaptado de Dzierzega; Scherrer, 2003.

A próxima comparação é feita pressupondo que as instalações são fixas, o que significa comparar apenas os tempos de medição.

Tabela 4.6: Comparação de tempo

Método	Medição	Tempo gasto (min)	Total de tempo gasto (min)
Método Compacto	Hz e V combinado IR medida p/ prismas	40-60 25-30	65-90
ISO em campo	Hz V IR medida p/ prismas	120-150 100-120 120-130	340-400
ISO em laboratório	Hz V	100-120 80-100	180-220

Fonte: Adaptado de Dzierzega; Scherrer, 2003.

O método laboratorial descrito é um bom instrumento para testar Estações Totais, pois verifica se o instrumento atende as especificações definidas.

O método completo da ISO 17123 no que se refere a determinação do desvio padrão significativo em campo torna-se um método muito rigoroso em virtude das condições ambientais. Diante disso, o esforço feito para as medições em campo é muito maior que o esforço feito no método laboratorial.

As descrições sobre o método compacto apresentadas neste tópico da pesquisa é apenas um resumo de todo o trabalho necessário. Para maiores informações, o ideal é consultar o trabalho completo dos autores Alojzy Dzierzega e René Scherrer: Compact Method of Testing Total Station, que se trata de uma adaptação da norma ISO 17123-3:2001 para laboratórios e ainda consultar a ISO 17123-3:2001.

4.3.1.4 Método compacto laboratorial para testar instrumentos EDM: New Compact Method for Laboratory Testing EDM Instruments

A rotina para a verificação da acurácia dos instrumentos EDM é algo muito importante. Isto é uma preocupação particularmente dos contratantes que buscam atender os requisitos para a acurácia dos instrumentos que estão descritos em um determinado contrato (Dzierzega e Scherrer, 2003). A verificação dos instrumentos EDM visa determinar os erros instrumentais que podem ser usados para monitorar o desempenho do instrumento.

A calibração periódica do instrumento visa minimizar o erro sistemático (US Army; 2002) e determinar a maior acurácia possível usando o instrumento. Bossler (1984) afirma que os instrumentos EDM devem ser calibrados anualmente e verificados semestralmente. Becker et al (2000), Greenway (2001), Heister (2001) e Zeiske (2001) discutiram as especificações da ISO (International Organization of Standardization) voltadas para a testes em instrumentos topográficos e geodésicos e eles concluíram que é necessário criar padrões universalmente reconhecidos para os

procedimentos aplicados em campo. Os autores também concluíram que a padronização é tanto para os inspetores quanto para os outros profissionais. Becker (2001) em seu trabalho citou que o objetivo das normas é especificar procedimentos de campo que pudessem ser seguidos da forma mais rigorosa possível para um determinado levantamento usando o instrumento e seu acessório auxiliar.

Existem dois métodos para a calibração EDM: o método de campo, apresentado pela norma ISO 17123-4:2001 e o método laboratorial, apresentado pelo autor Ragab Khalil (2005). Para a calibração em campo, o EDM deve ser ajustado a partir de uma série de medições de distâncias, que será conhecida como linha base. A linha base é uma distância permanentemente marcada, cujo comprimento é conhecido e é constituída por, pelo menos, quatro pilares todos em linha reta em terreno inclinado (Buckner, 1998). Estes pilares são projetados para gerar uma estatística exata na determinação dos erros da EDM (Paiva, 2002). O método de verificação envolve a medição de um conjunto de segmentos da base EDM para determinar a existência e magnitude de eventuais erros existentes. De acordo com Buckner (1998), o comprimento da linha base deve variar de 500m a 1400m, de forma que o método de campo seja capaz de determinar o erro de escala.

Para a calibração em laboratório, uma série de distâncias variando de $5m$ a $100m$ deve ser medida. Neste caso, como existe a restrição de espaço físico, faz-se necessário instalar alguns refletores fora do ambiente laboratorial (Dzierzega e Scherrer, 2002). A montagem de refletores fora possui alguns incovenientes, como obstrução na visibilidade, falta de verificação da distância medida entre o EDM e o refletor exterior e a mais importante, grandes mudanças na condição atmosférica.

Os erros passíveis de ocorrer nos instrumentos EDM

As distâncias medidas pela EDM/combinação de refletores estão sujeitas a três tipos de erros, como ilustra a Figura 3.17:

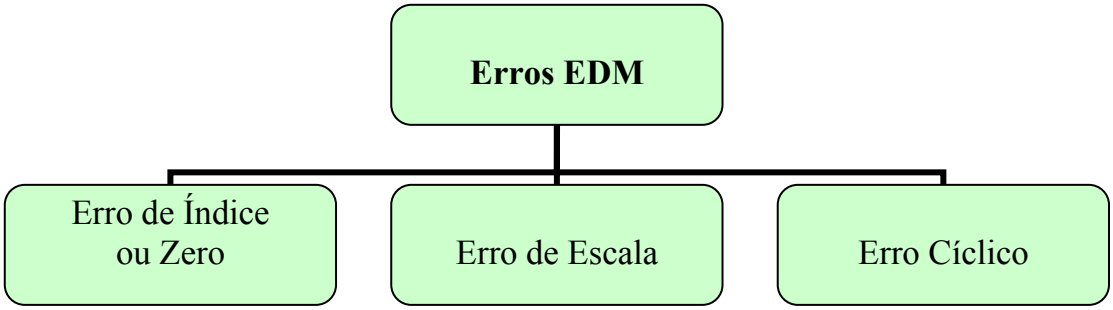


Figura 4.15: Erros passíveis de ocorrer nos instrumentos EDM

O erro de índice ou zero pode ser causado por três fatores, sejam:

- Atrasos elétricos, desvios geométricos e excentricidades no EDM;
- Diferenças entre o centro eletrônico e o centro mecânico do EDM; e
- Diferença entre o centro ótico e mecânico do refletor.

A constante aditiva ou a correção do índice/zero é acrescentada às distancias medidas para corrigir essas diferenças. Este erro pode variar com as mudanças do refletor, assim, apenas um refletor deve ser usado para a calibração EDM.

O erro de escala descreve as falhas que são linearmente proporcionais ao comprimento da linha medida. Assim, as razões para tais ocorrências são:

- Erros internos de freqüência, incluindo aqueles causados pela temperatura externa e instrumento;
- Variações das condições atmosféricas que afetam a velocidade de propagação; e
- Padrões de emissão/recepção não homogênea para os diodos emissores e receptores

O erro cíclico é uma função da medição real da diferença de fase medida pela EDM (Bannister et al 1998). Erro cíclico é geralmente senoidal, com um comprimento de onda equivalente a unidade de comprimento da EDM. A unidade de comprimento está na escala em que a EDM mede a distância. A estabilidade do sistema eletrônico

EDM interno também pode variar com o tempo, assim, o erro cíclico pode alterar-se significativamente ao longo do tempo. É inversamente proporcional à força de retorno do sinal de retorno, portanto, os seus efeitos irão aumentar com o aumento da distância.

Metodologia usada por Ragab Khalil

O método proposto traz a idéia de que, uma vez que o EDM mede a distância do percurso da onda modulada entre o EDM e o refletor, não é necessário que a distância seja em linha reta, pode-se duplicar a distância de viagem, tornando-a uma linha de "zig-zag" usando espelhos. Desta forma podemos calibrar o EDM para um distância igual ao dobro do espaço do laboratório usando um espelho, como ilustrado na Figura 4.16)a ou até uma distância igual ao triplo do espaço do laboratório, utilizando dois espelhos como ilustrado na Figura 4.16)b. Desta forma, pode-se evitar de montar espelhos fora do laboratório.

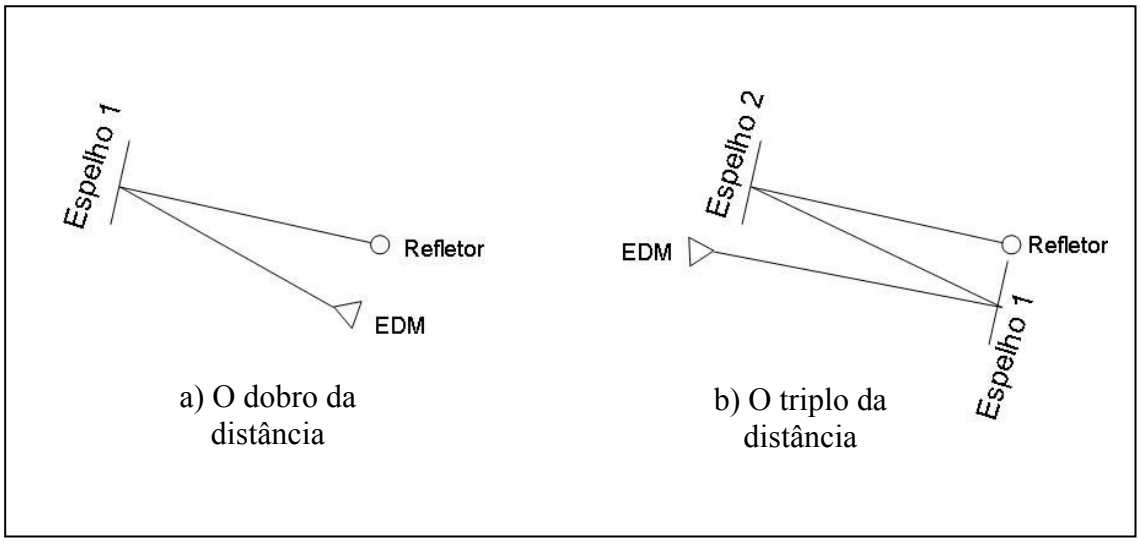


Figura 4.16: Duplicação da distância calibrada

O EDM utilizado para o trabalho experimental realizado pelo autor foi uma estação total SOKKIA set 600 (No.18520/D21828). A precisão de acordo com as especificações do fabricante é de ± (3 + 2 ppm x D) para medição com prisma. O prisma utilizado foi o prisma padrão SOKKIA AP11 (constante= -30 mm) montado sobre o tripé com prumo ótico. Uma estação meteorológica DAVIS (No. 7440) foi utilizada para medir a temperatura, pressão atmosférica e umidade durante o trabalho experimental.

Para testar a eficiência do novo método, uma linha base foi projetada de modo que os pontos intermediários foram colocados nos mesmos múltiplos da unidade de distância dos instrumentos EDM para evitar os efeitos dos erros cíclicos no processo de calibração como recomendado pelo US Army (2002). A unidade de comprimento da Estação Total SOKKIA SET 600 é de $5m$ (land Victoria 2002). A linha base projetada na ilustração da Figura 4.17 fundamenta-se em três partes.

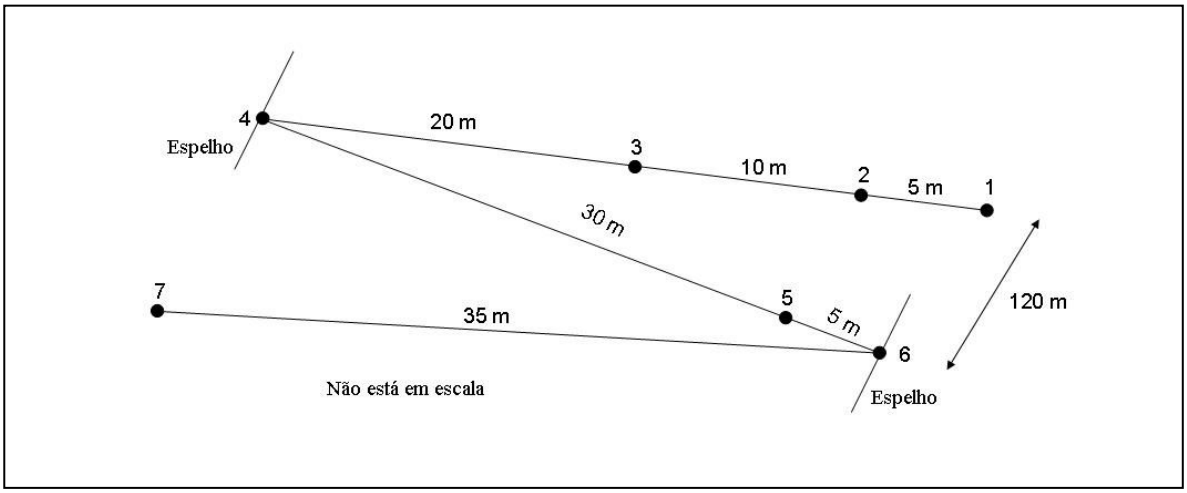


Figura 4.17: Configuração da linha base projetada

A primeira parte (do ponto 1 ao ponto 4) foi utilizado para a calibração padrão (sem utilização de espelhos). A primeira e a segunda parte (do ponto 1 ao ponto 6) foi usado um espelho, o primeiro e o sexto ponto estão distantes a 70 metros. Já nas três partes (ponto 1 ao ponto 7) foram utilizados dois espelhos e do primeiro ponto ao último existe uma distância de 105 metros.

Procedimento de medição

Antes de começar as medições a Estação Total e a estação meteorológica foram ligadas por 15 minutos. Em seguida, a constante do refletor, temperatura e pressão foram introduzidas no instrumento. Qualquer mudança na temperatura e pressão de ar durante o procedimento foram inseridas no instrumento. Assim, o teste produz só a constante do instrumento. O refletor e os espelhos foram estabelecidos na mesma altura que a estação total.

Para a calibração típica, as distâncias 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4 e 3-4 foram medidas. Para a calibração usando um espelho, que estava fixado sobre o ponto nº4 e o refletor estava sobre o ponto nº6 e as distâncias de 1-6, 2-6, 3-6 e 5-6 foram medidas. Em seguida, o refletor foi fixado sobre o ponto nº1 e as distâncias de 5-1, 3-1 e 2-1 foram medidas. Quando a calibração utilizando dois espelhos foi realizada o primeiro espelho estava fixado sobre o ponto nº4, o segundo espelho estava fixado sobre o ponto nº 6 e o refletor sobre o ponto nº7. As distâncias de 1-7, 2-7, 3-7 e 5-7 foram medidas. Em seguida, o refletor estava fixado sobre o ponto nº1 e as distâncias 5-1, 3-1 e 2-1 foram medidas. Cada distância foi medida dez vezes e a média foi processada.

1. Resultados

Através do Método dos Mínimos Quadrados foi obtido o valor mais provável da constante zero para cada grupo de medidas. Os valores da constante zero são mostrados na Tabela 4.7 a seguir:

Tabela 4.7: Os valores da constante zero

Método de calibração	**Constante zero (mm)**
Típico (mais de 35 m de distância)	4.4
Usando um espelho (mais de $70m$ distância)	4.0
Usando dois espelhos (mais de $105m$ distância)	4.24

A comparação dos resultados obtidos mostrou a eficiência do método proposto.

2. Conclusões

Um novo método compacto para calibrar o EDM em laboratório foi desenvolvido, testado e mostrou-se prático. A acurácia obtida nos resultados mostra a eficiência do método proposto por Ragab Khalil. A precisão e acurácia do método proposto podem ser melhoradas utilizando espelhos de face única para evitar uma possível refração ao usar um espelho de dupla face. Este método é recomendável para evitar a montagem de refletores fora do ambiente laboratorial.

Capítulo 5
LABORATÓRIO DE MANUTENÇÃO

5.1 O que é um laboratório de calibração de instrumentos topográficos e geodésicos

Para os propósitos desta dissertação, considera-se um laboratório de instrumentos topográficos e geodésicos, qualquer laboratório que ofereça serviços na área de calibração desses instrumentos, e que baseia os seus trabalhos de acordo com normas nacionais ou internacionais (ISO, IEC, etc.). Devem oferecer aos seus clientes estrutura organizacional que venha garantir a eficiência da calibração realizada.

Os que buscam trabalhar com a manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos devem trabalhar segundo as regras da norma internacional ISO 17123: Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Este conjunto de regras nos fornece métodos padronizados voltados para a calibração de instrumentos usados em topografia e geodésia. Outro requisito necessário para que um laboratório possa trabalhar com a instrumentação citada anteriormente é a obtenção da acreditação através da norma NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

Através da acreditação laboratorial é feita a rastreabilidade da calibração ao Sistema Internacional de Unidades (SI), em que ocorre por meio da calibração de padrões de referência em laboratórios de maiores importância metrológica, como por exemplo, a calibração em laboratório nacional ou internacional. Os aparelhos devem ser enviados para o Centro Nacional de Metrologia, que no Brasil está representado pelo Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. O instituto é quem concede a rastreabilidade necessária por meio da entrega da incerteza de medição dos instrumentos padrões dos laboratórios e esta incerteza é

transferida aos instrumentos dos clientes por meio da calibração, oferecendo assim a rastreabilidade requerida e cumprindo os requisitos presentes na norma ABNT NBR ISO 9001:2008.

5.2 Estrutura mínima necessária para a concepção de um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos

A concepção de qualquer tipo de laboratório requer um investimento considerável tanto em equipamento quanto em treinamento de pessoal. Além disso, é essencial saber:

- Quais são as instalações indispensáveis para um bom laboratório;
- Qual é o nível profissional específico para a realização das atividades propostas;
- Como elaborar os procedimentos de calibração que garantam a rastreabilidade desejada e que estejam de acordo com os requisitos da norma NBR ISO IEC 17025:2005;
- Como ajustar o laboratório para a obtenção da acreditação juntamente ao Inmetro;
- Como projetar a melhor capacidade de medição e por fim; e
- Quais são os métodos de calibração mais adequados para os trabalhos que ali são desenvolvidos.

Quanto às influências que possam vir a afetar os trabalhos, o laboratório de calibração deve ser livre de quaisquer influências externas que possam afetar adversamente a qualidade ou a imparcialidade do serviço que o mesmo oferece.

Em relação à hierarquia organizacional do laboratório de manutenção/calibração, a mesma deve ser de acordo com as necessidades do mesmo e com os serviços que são oferecidos. A seguir será apresentada uma proposta de estrutura organizacional

e de pessoal mínima necessária para o desenvolvimento adequado de trabalho de manutenção/calibração em instrumentos:

5.2.1 A estrutura organizacional e de pessoal com suas respectivas atribuições

Segundo Stoner (1992) p. 230, a estrutura organizacional é a forma pela qual as atividades de uma organização são divididas, organizadas e coordenadas. Deve ser delineada de acordo com os objetivos e estratégias estabelecidos pelo laboratório.

Quando a estrutura organizacional é instituída de forma adequada, ela proporciona a identificação das tarefas essenciais, a organização das funções e responsabilidades dos funcionários.

Na Figura 5..1 é apresentada uma hierarquia básica para que um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos possa trabalhar, neste caso, basicamente com Níveis e Estações Totais:

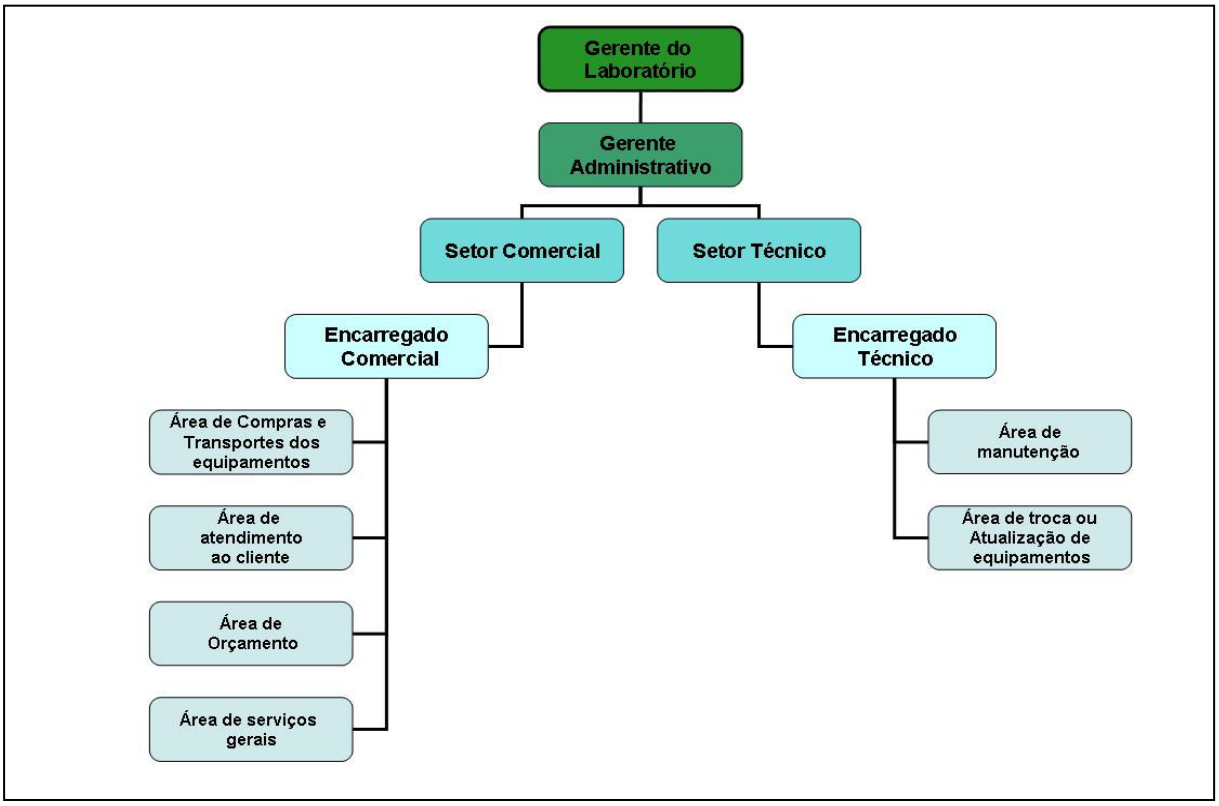


Figura 5.1: Hierarquia básica para um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos

5.2.1.1 Cargos e atribuições possíveis em um laboratório e suas respectivas atribuições

O laboratório deve manter uma equipe técnica capaz de conduzir as funções necessárias e deve ter um número suficiente de funcionários para a realização do trabalho proposto. O empregado responsável pela calibração deve ter um treinamento apropriado e estar sob uma supervisão adequada. Além do treinamento, a competência de cada funcionário deve ser avaliada através de observações na execução de seu trabalho. Deve ser avaliado se o mesmo segue os procedimentos de calibração.

A seguir são apresentados os cargos e atribuições possíveis em um laboratório de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos. As descrições seguem o organograma apresentado no item 4.4.1.

Gerente do laboratório

O gerente do laboratório deve ter conhecimento sobre administração geral de empresas que trabalham com instrumentação topográfica e geodésica. Deve responder pelo laboratório, administrar os recursos, ter conhecimento técnico sobre o sistema de instrumentação topográfica e geodésica, ter habilidade na comunicação para incentivar as pessoas a trabalharem com Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), motivando-as e disseminando a idéia da política da qualidade, principalmente, ter espírito de liderança.

Gerente Administrativo

O gerente administrativo é a pessoa responsável pela operabilidade dos serviços que envolvam a administração geral do laboratório. Entenda-se por isso toda e qualquer atividade que estejam envolvidas com as áreas de compra, pessoal, financeira, custos e serviços laboratoriais. Seguem algumas funções do Gerente Administrativo:

- Redigir;
- Enviar;
- Receber propostas e contratos, e
- Submeter esses documentos à aprovação do gerente do laboratório.

Encarregado Comercial

O encarregado comercial possui atribuições que começam após as checagens realizadas no aparelho pelos técnicos. É sua função controlar o atendimento com o cliente, repassando ao mesmo o orçamento do serviço já definido. O encarregado explica quais serão os materiais utilizados e o tipo de calibração ou manutenção que

será realizada e os custos com a mão de obra. Por fim, tem a função de verificar se algum tipo de peça ou material necessário para a execução do serviço está em falta no estoque da empresa/laboratório, caso afirmativo, o mesmo fará contatos com fornecedores e conseqüentemente os pedidos para reposição em estoque.

Encarregado Técnico

O encarregado técnico tem a responsabilidade de realizar e controlar os serviços de manutenção/calibração prestados pelo laboratório, a saber:

- Evitar a entrada de pessoal não autorizado no momento da realização das manutenções/calibrações;
- Estimar pela calibração dos equipamentos utilizados no laboratório;
- Ter noção de manutenção e reposição dos equipamentos e materiais necessários à boa realização das atividades de manutenção/calibração; e
- Incentivar os funcionários a usarem corretamente os equipamentos de segurança, caso haja necessidade.

É importante ressaltar que não obrigatoriamente existe um responsável para cada atividade laboratorial. Existem empresas/laboratórios de pequeno porte, que não comportam um grande número de funcionários.

Os funcionários que trabalham diretamente com a manutenção/calibração respondem diretamente à maioria das garantias do mercado voltado para instrumentos de agrimensura e a todos os trabalhos e serviços de manutenção, reparo e suporte empreendidos a nível nacional.

O laboratório precisa manter um quadro de funcionários composto por profissionais que sejam tecnicamente capazes de conduzir as funções necessárias e que sejam em número suficiente para desenvolver apropriadamente o montante de trabalho esperado. Os funcionários responsáveis pelas atividades cotidianas devem ser

qualificados adequadamente para as suas funções, assim como os funcionários que são empregados especificamente para o serviço de manutenção/calibração. Todos devem ser treinados de forma apropriada e ser adequadamente supervisionados.

5.2.1.2 Operações possíveis em laboratórios de calibração em instrumentos topográficos e geodésicos

Nesta seção da pesquisa serão apresentadas as operações possíveis de ocorrer em um laboratório de manutenção e calibração de instrumentos de topografia e geodésia voltados basicamente para estações totais e níveis.

No Apêndice A é exposto três quadros, o Quadro A.1 apresenta o plano geral de serviços possíveis em Níveis e Estações Totais. Nos Quadros A.2 e A.3 serão mostrados os planos básicos de manutenção, trocas e atualizações que podem ser feitas em Estações Totais e Níveis.

5.3 Sistema de Gestão da Qualidade nos laboratórios de calibração em instrumentos topográficos e geodésico

Quando fala-se em processos, existe claramente a idéia e necessidade de garantir um conjunto de atividades fundamentais para o planejamento, desenvolvimento e implementação de um determinado serviço. Para tal, as atividades devem ser feitas de forma eficiente e eficaz.

A garantia da qualidade é um pilar essencial de qualquer estratégia voltada para a qualidade. Edifica-se na idéia básica de que, em gestão da qualidade, mais vale prevenir o erro a corrigi-lo.

Em resposta a este objetivo de prevenir foi implantada a norma ABNT NBR ISO 9001:2000, que é a versão brasileira da norma internacional ISO 9001:2000 que estabelece requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de uma

organização, não significando, essencialmente, conformidade de produto à suas respectivas especificações.

5.3.1 O que é o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)?

O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) consiste em uma estratégia de administração orientada a formar consciência da qualidade em todos os processos organizacionais. Atualmente tem sido extensamente usada por organizações públicas e privadas, de qualquer porte, em serviços, processos ou produtos.

Tem por objetivo auxiliar as organizações ou laboratórios a aumentarem a satisfação do cliente e melhorarem a atuação geral da empresa. Para implantar e conservar o SGQ, a organização não necessariamente precisa certificá-lo. As empresas certificam os sistemas da qualidade para confirmar que os mesmos cumprem os requisitos e padrões de uma norma ou modelo que seja aceito oficialmente.

5.3.2 Por que implantar o Sistema de Gestão da Qualidade?

A instauração de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) baseado nos requisitos da norma ABNT NBR ISO 9001:2000 pode gerar grandes benefícios às organizações ou laboratórios dos mais diferentes segmentos ou tamanhos.

O cumprimento das normas da série ISO 9000, editada inicialmente em 1987 ganhou forças em 1994, onde inúmeras organizações a nível mundial começaram a adotar a certificação como sendo obrigatória para a permanência em determinados mercados de atuação.

No ano de 2000, quando ocorreu a revisão da norma ISO 9000, foi adotado um novo modelo que evidenciava a gestão de processo e se fundamentava na melhoria contínua. Também foi atingido o objetivo da ISO em autorizar que as organizações pudessem administrar de forma mais coerente as exigências da norma.

A norma ABNT NBR ISO 9001:2000 é fundamentada em oito princípios da gestão da qualidade, que são o foco no cliente, a liderança, o envolvimento das pessoas, a abordagem por processos, a abordagem sistêmica para a gestão, a melhoria contínua e as relações de benefícios mútuos com fornecedores.

Tais princípios agrupam-se em benefício da melhoria global do desempenho da organização e objetivam a satisfação dos clientes.

Tratando-se de uma norma de gestão da qualidade, a implementação dos requisitos da norma NBR ISO 9001:2000 colocam à disposição das organizações inúmeros benefícios, entre os quais podemos destacar:

- Gestão estratégica;
- Controle dos processos;
- Padronização das atividades;
- Preservação do conhecimento;
- Aplicação de ferramentas para a melhoria;
- Preservação dos registros da qualidade;
- Organização;
- Prevenção de perdas;
- Melhorias na competência da equipe;
- Aumento da auto-estima;
- Visibilidade e
- Satisfação do Cliente

Especificamente, para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) voltado para laboratórios, sua adesão tornou-se uma prática para a maioria dos laboratórios em virtude da pressão de diferentes órgãos do governo, como por exemplo, a Agência Nacional de Águas (ANA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), entre outros órgãos. Atualmente, a norma NBR ISO/IEC 17025:2005 é a mais implantada e considerando a lista de laboratórios acreditados pelo Inmetro que é o órgão no Brasil responsável pelas acreditações no

Brasil, em torno de 90% dos laboratórios que são associados à Rede Brasileira de Ensaios (RBLE) e à Rede Brasileira de Calibração (RBC) possuem a certificação da norma NBR ISO/IEC 17025:2005.

5.3.3 Sistema de Gestão da Qualidade nos laboratórios de calibração

Um dos sistemas de gestão mais aprovado e escolhido em todo o mundo é o sistema documentado pela norma NBR ISO 9001:2000. Na atualidade, o domínio sobre Sistemas de Gestão da Qualidade é pré-requisito para a maioria dos profissionais que trabalham em organizações ou laboratórios. Apesar de existir sistemas de gestão para cada ramo de atividade, como a ISO NBR ISO 9001:2000 (para empresas em geral), como a NBR ISO/IEC 17025:2005 (para laboratórios), a estrutura básica de todos é extremamente semelhante. Os requisitos da norma ABNT NBR ISO 9001:2000 foram incorporados a NBR ISO/IEC 17025:2005, pois os mesmos são referentes aos objetivos dos serviços de ensaio e calibração envolvidos pelo sistema da qualidade de um laboratório. Assim, se os laboratórios atendem os requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025:2005, também atendem os requisitos da norma ABNT NBR ISO 9001:2000. Entretanto, no que se refere ao credenciamento laboratorial, a existência de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é uma condição necessária, porém não o suficiente para o atendimento total dos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025:2005, visto que os laboratórios ainda precisam comprovar a sua competência técnica para gerar dados e fornecer resultados válidos. Estes requisitos não estão presentes na norma ABNT NBR ISO 9001:2000.

A implantação de um SGQ em um laboratório de calibração de instrumentos topográficos e geodésicos exige esforço de todas as pessoas envolvidas no processo, uma vez que os procedimentos podem demandar um tempo considerável. As modificações no ambiente exigem além do simples ajustamento de equipamentos, demanda mudança de hábitos, postura de toda a equipe laboratorial. Os mesmos devem ter em mente que a qualidade deve ser trabalhada desde o recebimento do

equipamento até a entrega para o cliente, e que a obtenção da qualidade total só será possível se for trabalhada em todas as etapas de forma responsável.

Paladini[16] (2004) apud Kravchychyn et al (2006) afirmam que se antes o produto era o centro da qualidade, atualmente o processo passa a ser mais significante,ou seja, não é considerado de boa qualidade um processo em que o índice de trabalho e desperdício são elevados, mesmo que este resulte em um produto de alto desempenho.

Para que a qualidade seja realizada de forma correta e consciente, os funcionários devem receber treinamentos específicos para suas funções. Tais treinamentos devem ser realizados de forma periódica, sendo atualizados com as constantes mudanças que ocorrem no setor de instrumentação topográfica e geodésica. Para assegurar que todo o processo de medição será realizado com qualidade, este deve ser entendido a partir de três dimensões (Figura 5.2):

- O Sistema da Qualidade (SQ);
- A Política da Qualidade (PQ) e
- O Manual da Qualidade (MQ).

[16] PALADINI, E. P.; **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática.** Ed. Atlas, 2ªed, São Paulo, 2004.

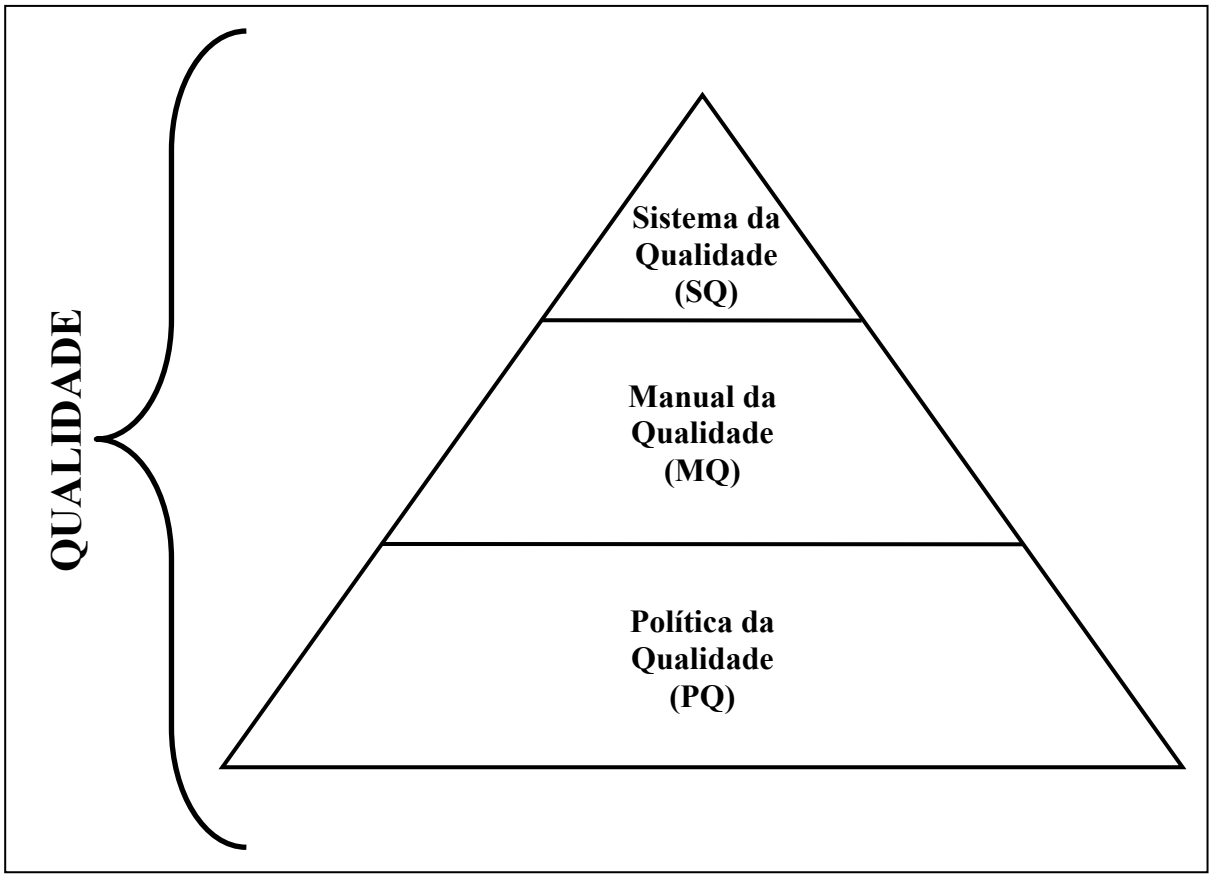


Figura 5. 2: Dimensões da Qualidade

O Sistema de Qualidade (SQ) é um sistema de gestão realizado para dirigir e controlar uma organização no que diz respeito à qualidade (NBR ISO 9000:2000).

O laboratório deve estabelecer, implementar e manter um SQ que seja compatível com os objetivos propostos. Deve possuir documentação que explique, de forma clara, todo o trabalho executado no laboratório. Os documentos devem ser de fácil acesso para todos aqueles envolvidos no processo de calibração, devem ser consultados sempre que necessário. Os funcionários do laboratório devem ter a capacidade de ler, entender, avaliar e implementar a documentação quando for preciso.

Por fim, o Sistema da Qualidade deve ser feito de forma a cumprir os termos contidos no Manual da Qualidade (MQ).

Ferreira[17] (2005) apud Magalhães Noronha (2006) afirma que o Manual da Qualidade pode ser definido como o documento que representa o Sistema de Gestão da Qualidade do laboratório. Afirma que o SQ deve ser implantado por meio do Manual da Qualidade, que deve possui as seguintes características:

- Descrever de forma clara e eficiente o sistema que foi efetivado;
- Transmitir os procedimentos, requisitos e políticas do laboratório;
- Ser um manual que esteja sempre documentado. Caso haja necessidade, o referido manual pode ser usado em treinamentos sobre Sistema da Qualidade;
- Devem estar contido com os objetivos e as políticas do SQ, as estrutura da documentação, os procedimentos, as funções de cada funcionário do laboratório, a estrutura organizacional e a de pessoal do laboratório; e
- Deve contribuir para melhorar o controle e as atividades laboratoriais.

Já a Política da Qualidade (PQ) é um conjunto de intenções e princípios que irão orientar a empresa e deve ser definida no manual da qualidade. Os objetivos gerais devem ser instituídos e expostos pela alta direção, única autorizada a emitir a declaração da PQ. Neste documento deve conter basicamente as seguintes informações:

- A demonstração da direção do laboratório para com as práticas profissionais, com a qualidade das manutenções/calibrações realizadas pelo laboratório e com o atendimento aos clientes;
- Declaração da direção do laboratório sobre os serviços realizados no local;
- O objetivo do SGQ em relação à qualidade;
- O compromisso de que todos os funcionários envolvidos em atividade de manutenção e calibração são familiarizados com a documentação da qualidade, de tal forma que possam implementar a política de qualidade e os procedimentos nos trabalhos desenvolvidos e

[17] **FERREIRA, J. J. A. et al.;** G*estão da Qualidade: Teoria e Casos*. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2005.

- O compromisso da direção do laboratório de estar de acordo com a norma NBR ISO/IEC 17025:2005 e com a melhoria contínua da eficácia e da eficiência do SGQ.

5.3.4 Vantagens da implantação do SQ

Adoção do Sistema de Gestão da Qualidade dá confiança na capacidade de seus processos e gera uma base para a melhoria contínua da empresa. São inúmeras as vantagens da implementação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). Apresenta-se a seguir exemplos é apresentado em seguida um conjunto de ações que levam à prática quando realizam o SGQ e algumas das vantagens que podem resultar da implantação:

a) Definir os principais planos de atuação: Missão, valores, Política de Qualidade e Objetivos da Qualidade

- "Orienta" toda a estrutura no mesmo sentido; e
- Identifica as prioridades de atuação.

b) Identificar os processos relevantes

- Identifica as áreas que geram maior impacto no desempenho global do laboratório; e
- Identifica as áreas que necessitam ser tratadas com maior atenção.

c) Definir claramente a seqüência e interação de processos

- Define a forma como cada uma das áreas ou funções se relacionam com o restante (internas e externas);

- Simplifica as tarefas; e
- Elimina repetições de tarefas

d) Definir metodologias para o planejamento, execução, controle e melhoria das atividades

- Elimina dúvidas sobre a realização das atividades;
- Define claramente as responsabilidades;
- Diminui a possibilidade de ocorrer erros; e
- Permite verificar a evolução do desempenho tanto pessoal quanto do laboratório

e) Definir e implementar metodologias de melhoria

- Eleva a motivação e o envolvimento dos funcionários; e
- Fomenta a melhoria das metodologias usadas.

f) Realizar a gestão de acordo com os recursos (infra-estrutura, pessoal, etc.)

- Aumenta o conhecimento dos profissionais e dos seus potenciais; e
- Diminui os custos de reparação ao apostar na prevenção (manutenção dos equipamentos usados na calibração e na infra-estrutura).

g) Propor ao laboratório a certificação (opcional)

- Aumenta o reconhecimento e a competitividade externos; e
- Principalmente, promove a imagem diante do cliente

5.4 Certificados de calibração: Forma legal do laboratório de calibração de instrumentos topográficos geodésicos apresentar os resultados obtidos nas manutenções/calibrações realizadas nos instrumentos

São certificados que podem ser internacionalmente reconhecidos e só os laboratórios de calibração com acreditação nacional são autorizados a emiti-los.

Os certificados de calibração são usados por dois motivos, a saber:

- Confirmar que o aparelho foi inspecionado; e
- Manifestar claramente a rastreabilidade: aos padrões nacionais, à incerteza de medição (para cada valor medido) e à tolerância das medidas (os valores obtidos pelos aparelhos no ato da inspeção).

A procura por um certificado de calibração que prove a medição realizada com qualidade por instrumentos topográficos e geodésicos está aumentando consideravelmente. Tal fato vem ocorrendo visto o número crescente de laboratórios de calibração que estão obtendo a certificação ABNT NBR ISO 9001:2000, fazendo surgir a necessidade de comprovar a exatidão dos instrumentos de medição periodicamente. Esta seção do trabalho buscará descrever a importância dos certificados de calibração a fim de ajudar a escolha do certificado mais adequado para as necessidades dos profissionais e dos usuários finais.

Do resultado da calibração surge a relação entre leituras de um determinado instrumento e os valores indicados por um padrão. Estes uma vez que são calibrados provavelmente serão usados para calibrar outros instrumentos, tornando-se assim, um instrumento padrão.

Os certificados são compostos por informações como: tipo da acreditação laboratorial, tipo de trabalhos oferecidos pelo laboratório e área de atuação laboratorial (nacional ou internacional).

Seja internamente ou através de prestadores de serviços, um laboratório de calibração deve possuir um sistema que gerencie as calibrações e os resultados gerados. A utilização de softwares nesta gestão tende a favorecer desperdício de tempo e até eventuais erros de transcrição de resultados e análise incorreta de resultados.

Um sistema de calibração eficiente deve permitir impressão de certificados e relatórios, assim como gráficos de erros e históricos das calibrações. Devem apresentar o cálculo das incertezas além dos desvios das medições. De acordo com a norma ISO/IEC 17025:2005, um certificado de calibração não deve conter qualquer recomendação sobre a calibração, exceto quando o laboratório tenha um acordo com o cliente. Assim, nenhuma empresa pode recomendar um determinado intervalo de calibração. Já o projeto deve ser feito de acordo com as necessidades e preferências de cada laboratório, bem como ser de acordo com a calibração executada.

Ainda sobre os certificados, não é recomendado a confecção de um único modelo para os diferentes instrumentos topográficos e geodésicos. Uma proposta é manter os campos de dados gerais iguais para todos os tipos de calibração e mudar de posição os campos que são específicos para cada tipo de calibração.

Uma forma de controlar o processo de calibração é a elaboração de diferentes procedimentos de calibração. Os procedimentos que são aplicados diretamente a um determinado item, podem chamar de procedimentos de funcionamento, já os que são aplicados para o controle mais abrangente de diversos itens, chamaram de procedimentos de suporte.

Apesar da construção de uma estrutura básica de procedimentos necessários para a calibração de instrumentos topográficos e geodésicos ser aparentemente simples, a mesma pode ser utilizada como a "espinha dorsal" do processo de calibração e, com a adição de apenas alguns requisitos adicionais, servirá para a implantação a NBR ISO/IEC 17025:2005 em um laboratório.

Para compreender melhor o plano geral possível de serviços prestados pelos laboratórios de manutenção/calibração em instrumentos topográficos e geodésicos e

o plano básico possível de manutenção, troca e atualização em estações totais e níveis é apresentado o Apêndice A, que é composto por três tabelas: Tabela A.1, Tabela A.2 e a tabela A.3.

O apêndice B se refere aos certificados de calibração para Estação Total padrão e Nível padrão emitidos pelos centros nacionais de metrologia aos laboratórios de manutenção/calibração em instrumentos topográficos e geodésicos. E também este apêndice se refere aos certificados de calibração emitidos pelos laboratórios de calibração aos usuários finais.

No Anexo A são apresentados exemplos ilustrativos dos certificados de calibração emitidos pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP, no que se refere à Estação Total, Nível topográfico e Teodolito eletrônico (Ver Figuras AA.1, AA.2 e AA.3)

O certificado de calibração deve documentar a rastreabilidade de acordo com os padrões internacionais, visto que no Brasil não existe padrões específicos para instrumentos geodésicos.

É importante lembrar que o cliente é responsável por encaminhar o instrumento para que ocorra a recalibração no intervalo de tempo que ele julgar adequado.

Por fim, no Anexo B é apresentado um modelo de certificado de Sistema de Gestão da Qualidade que o laboratório da BMP Renta Ltda possui desde 17/10/2008 (Ver ilustração da Figura BB).

5.5 Exemplos de certificados de calibração: os certificados de calibração emitidos pela fabricante Leica Geosystems

A fabricante Leica Geosystems oferece uma extensa variedade de certificados de calibração para diferentes graus de precisão. Para os graus mais elevados de precisão, são emitidos os certificados do fabricante "O" e os certificados de inspeção

do fabricante "M". Para atender os níveis mais baixos de precisão, são emitidos os certificados e relatórios de serviços.

Para emitir os certificados de calibração os laboratórios devem ser acreditados de acordo com os requisitos da norma ISO/IEC 17025 e de acordo com a ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation). Atender a essas exigências significa que o laboratório possui um certificado internacionalmente reconhecido e que os testes são diretamente monitoráveis para os padrões nacionais. A seguir iremos apresentar os tipos de certificados emitidos pela Leica Geosystems, quais os laboratórios que são autorizados a emiti-los e o tipo para cada instrumento. No Anexo C é apresentado o modelo de certificado de calibração emitido pela Leica Geosystems (Ver ilustração da Figura CC) e no Anexo D é apresentado um informativo sobre a atribuição do laboratório sede da Leica Geosystems (Heerbrugg – Suíça) para a realização das calibrações em ângulos e distâncias que lhe são permitidos através da acreditação laboratorial (Ver ilustração da Figura DD).

5.5.1.1 Certificados de inspeção do fabricante M

Os certificados de inspeção do fabricante M são fundamentados a partir das normas estabelecidas pelo fabricante e de acordo com os requisitos da norma ISO 9001:2000, no que se refere ao controle e monitoração dos aparelhos de medição. Os resultados dos testes são rastreáveis à normas nacionais ou à procedimentos que sejam reconhecidos. No Anexo E é apresentado um modelo de certificado de inspeção do fabricante M (Ver ilustração Figura EE).

- **Quem emite os certificados de calibração de inspeção do fabricante M?**

Os certificados de calibração de inspeção do fabricante M podem ser emitidos pelos laboratórios de Heerbrugg, na Suíça, seja no momento da compra do aparelho ou na necessidade de alguma reparação, inspeção, manutenção.

Também pode ser emitido para reparação ou manutenção, por locais autorizados, conhecidos por centros de serviços. Esses centros são certificados pela ISO com instalações adequadas para tal ensaio (método "Lab"). Entretanto, este método, para estação total é limitado, as precisões angulares são de até 1" apenas.

- **Para quais aparelhos são emitidos os certificados de calibração de inspeção do fabricante M?**

Os certificados de inspeção do fabricante M podem ser emitidos para todas as Estações Totais Leica Geosystems que atualmente estão sendo fabricadas em série e as estações totais que foram retiradas do centro de serviço em um período de até 5 anos.

Além disso, os certificados podem ser emitidos para os níveis digitais modelo DNA03 (emitidos apenas no laboratório de Heerbrugg - Suíça e não podem ser emitidos pelos centros de serviços) bem como para os sistemas de GPS 1200 e 500.

- **Quem precisa do certificado de calibração de inspeção do fabricante M?**

As empresas ou departamentos que sejam certificadas com a ISO 9001:2000 ou contratadas por empresas que sejam certificadas pela ISO são obrigadas para atender os aspectos de verificação de um "controle de monitoração e medição dos dispositivos do sistema". Este certificado está em concordância com estes aspectos de verificação.

5.5.1.2 Certificados do fabricante O

Os certificados do fabricante O são fundamentados a partir das normas estabelecidas pelo fabricante, validam que o produto foi inspecionado e que as especificações publicadas foram atendidas no ato da inspeção.

Este certificado não traz nenhum dado de medição ou especificação do produto. No Anexo F é apresentado um modelo de certificado do fabricante O (Ver ilustração da Figura FF).

- **Quem pode emitir os certificados do fabricante O?**

O certificado do fabricante O pode ser emitido pelo laboratório de Heerbrugg – Suíça, no momento da compra do equipamento ou se as especificações (tipo de produto ou número de série) forem conhecidas até seis meses após a retirada da fábrica.

A emissão é permitida também para os centros de serviços que possuírem a certificação ISO 9001:2000.

- **Para quais aparelhos são emitidos os certificados do fabricante O?**

Os certificados do fabricante O podem ser emitidos para todas as Estações Totais, níveis digitais e sistemas GPS da fabricante Leica Geosystems, que atualmente são fabricados em série.

5.5.1.3 Certificados de serviços

Os certificados de serviços são emitidos pelos centros de serviços autorizados da Leica Geosystems. São usados para confirmar que o aparelho foi inspecionado e que as especificações estão em conformidade com o tempo de inspeção.

Não é mostrado nenhum dado de medição nos certificados de serviços. Eles são emitidos para os clientes após reparação, manutenção ou inspeção executados pelos centros de serviços autorizados da Leica Geosystems.

- **Quem pode emitir os certificados de serviços?**

Os certificados de serviço podem ser emitidos por todos os centros de serviços autorizados da Leica Geosystems. Normalmente os certificados de calibração são gerados automaticamente após uma manutenção, reparo ou inspeção, em casos especiais, eles podem ser emitidos até seis meses após a inspeção do produto. Nesta circunstância, o certificado é feito baseado em dados que ficam arquivados.

- **Para quais aparelhos são emitidos os certificados de serviço?**

Os certificados de calibração podem ser emitidos para todos os aparelhos da fabricante Leica Geosystems.

- **Quem precisa do certificado de serviço?**

Os certificados de serviço podem ser utilizados em áreas específicas. Contudo, os certificados não atendem os aspectos que se referem ao sistema de verificação do controle do monitoramento e dispositivos de medição baseado nos requisitos da norma ISO 9001:2000.

5.5.1.4 Precauções e restrições ao uso dos certificados de calibração

Um certificado de calibração fornece os resultados da calibração através das condições laboratoriais e a partir de procedimentos realizados nos mesmos. Sendo assim, os resultados são válidos apenas sob circunstâncias que foram criadas no

laboratório. Entretanto, é considerado, por um determinado tempo, que os resultados obtidos permaneçam válidos, porém, dependem das características dos instrumentos e da sua utilização.

Visto as limitações legais, não é permitido emitir vários tipos de certificados com os resultados das medições para um mesmo aparelho ao mesmo tempo, ou seja, não é permitido emitir um certificado de inspeção do fabricante M e um certificado do fabricante O ao mesmo tempo para o mesmo aparelho.

5.5.2 Exemplo de laboratório que trabalha com a reparação e calibração de instrumentos topográficos e geodésicos

Este segmento do trabalho apresentará a BMP Renta Ltda., uma empresa mexicana que trabalha com a manutenção e calibração em instrumento de topografia. O México dispõe de normas específicas para esta instrumentação, permitindo assim, que os laboratórios acreditados e certificados emitam os certificados de calibração.

5.5.2.1 BMP Renta Ltda: Laboratório de Calibracion

A BMP Renta Ltda. é um laboratório de calibração que foca seus empenhos à garantia da qualidade na inspeção de engenharia e construção tanto públicas quanto privadas no que se refere à medição. Realiza seus procedimentos de calibração de acordo com os requisitos da norma internacional ISO 17123 – Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments, que lhe permite trabalhar usando métodos padronizados na execução das calibrações dos instrumentos de precisão. O uso dessa padronização lhe garantiu a certificação ISO/IEC 17025 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. O envio dos instrumentos do laboratório para o Centro Nacional de Metrologia – CENAM lhe dá a rastreabilidade exigida em relação incerteza de medição dos aparelhos, que posteriormente será transferida para os equipamentos

dos clientes por meio do processo de calibração. Por isso, o laboratório também possui a certificação ISO 9001:2008.

O espaço físico correspondente ao laboratório é gerenciado por equipes auxiliares destinadas a apoiar o processo de calibração. O laboratório visando criar condições mais favoráveis para o processo de reparo e calibração dos seus instrumentos oferece uma formação contínua para seus funcionários técnicos e de laboratório de calibração, além de adquirir constantemente as normas técnicas que são usadas como referência para os processos antes mencionados (reparação e calibração).

A seguir são apresentadas as normas usadas pelo laboratório BMP Renta Ltda para a realização e seus trabalhos em agrimensura:

a) ISO 17025:2005;
b) ISO 17123-1;
c) ISO 17123-2;
d) ISO 17123-3;
e) ISO 17123-4;
f) ISO 17123-5;
g) ISO 17123-6;
h) NCh 2451:1999;
i) NCh 30:1998;
j) NCh 2450:1998;
k) NCh-ISO10012-1:1994;
l) NCh 2631-1:2002;
m) NCh 2053:2000; e
n) NCh 9001:2001;

Em anexo apresenta-se exemplos de certificados emitidos pela CENAM para

- ✓ Estação total padrão;
- ✓ Nível padrão;

- ✓ Teodolito padrão.

Também segue em anexo o certificado de Sistema de Gestão da Qualidade do laboratório da empresa.

Capítulo 6
CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto neste trabalho, apresentam-se as seguintes conclusões:

O objetivo principal deste trabalho foi atingido em decorrências às pesquisas feitas aos diversos laboratórios de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos existentes em outros países, por exemplo, México e Chile. Pelo fato desses laboratórios serem certificados e acreditados para esta determinada função, pôde-se avaliar de forma mais segura:

- A estrutura organizacional do laboratório;
- A estrutura de pessoal; e
- O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado.

A partir destas avaliações tornou-se possível gerar modelos adequados para os itens citados acima. Também se concluiu que cada laboratório é planejado de acordo com o fim de que é proposto.

Pesquisando os laboratórios internacionais foi verificado em unanimidade que os mesmos realizam seus trabalhos de acordo com os requisitos das normas ISO 9001:2000 para o Sistema de Gestão da Qualidade, ISO 17025:2005 para a acreditação laboratorial e ISO 17123 para os trabalhos de manutenção/calibração de instrumentos. Assim, este trabalho buscou apresentar estas normas com o objetivo de:

- Especificar os procedimentos de campo a serem adotados para a determinação e avaliação da acurácia dos níveis e seus equipamentos auxiliares; e

- Especificar os procedimentos de campo a serem adotados para a determinação e avaliação da acurácia (repetibilidade) dos teodolitos, estações totais e seus acessórios auxiliares.

Contudo, como o trabalho visou estudar essas medições em ambiente laboratorial, foram apresentados os métodos compactos adaptados para laboratórios para testes em Estações Totais e EDM. Tais métodos objetivam:

- Verificar a acurácia angular e da medição de distância de instrumentos topográficos e geodésicos; e
- Verificar a acurácia da medição de distância usando EDM e Estação Total.

A apresentação desses métodos possui significativa importância para a realidade laboratorial no que diz respeito a espaço e tempo de realização dos testes. Estes são fatores influenciadores importantes na obtenção de uma acurácia elevada.

Ainda sobre os laboratórios, a pesquisa apresentou o laboratório BMP Renta Ltda., para ilustrar as reais funções de um laboratório desta classe. Este foi usado como exemplo, pelo fato de reunir todas as atividades que foram abordadas nesta pesquisa, como a certificação ISO 9001:2000, a acreditação ISO 17025:2005, a utilização da norma ISO 17123, a realização dos seus trabalhos e ainda, a autorização para a emissão de certificados de calibração. A partir do estudo sobre os certificados emitidos pela BMP Renta Ltda., foi elaborado um modelo de certificado de calibração com informações mínimas necessárias (Apêndice B, Modelos B.2 e B.3). Também foram apresentados de forma ilustrativa, os certificados emitidos pela fabricante Leica Geosystems, que são divididos em categorias que se distinguem pelo número de informações contidas nos certificados.

Sobre os instrumentos geodésicos, a pesquisa esforçou-se em mostrar a importância da calibração destes instrumentos para a obtenção de resultados satisfatórios nos levantamentos realizados com os mesmos. Apresentou detalhes da instrumentação

envolvida e os erros instrumentais que são passíveis de calibração. Da mesma forma procurou alertar os usuários dos instrumentos topográficos e geodésicos para o período adequado para a realização das calibrações.

As sugestões deste trabalho para os estudos futuros são:

- Padronização das atividades laboratoriais que envolvam a manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos. Tal processo pode ser realizado com a ajuda dos laboratórios que fazem parte da RBC, que podem efetuar reuniões, intercâmbios que resultem em uma maior interação inter-laboratorial, podendo assim, trocar experiências de métodos e procedimentos de calibração e manutenção, solucionando igualmente, dúvidas possíveis e, futuramente compor um documento que contenham requisitos a serem considerados para as práticas laboratoriais em questão.
- Realizações mais freqüentes, no país, de seminários, workshops, palestras que abordem os temas que envolvam a manutenção/calibração em instrumentos topográficos e geodésicos em laboratórios. O objetivo desses encontros é a geração de materiais destinados a instruir e a suprir a carência existente no país de literatura sobre a temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **O que é normalização.** Disponível em: <http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=931. Acesso em: 03/03/2008.

------. **NBR 13133**: Execução de levantamento Topográfico: procedimentos. Rio de Janeiro, 1994.

------. **NBR ISO 9000:2000**: Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2000.

------. **NBR ISO 9001:2000**: Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

ANTÓN, S. C.; MARTÍN, B. J. La calidad en el sector topográfico. Organismos competentes. Situación actual, In: VIII CONGRESO NACIONAL DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA, 2004, Madrid, **Conferencias....** Madrid. Disponível em: < http://www.cartesia.org/geodoc/topcart2004/conferencias/39.pdf>. Acesso em: 10/08/2009.

BALANIS C. A. **Antenna Theory: analysis and design,** 1998. 2nd edition. New York:Wiley.

BASTOS, N. **A Importância da Implantação de Sistemas de Calibração na Indústria. 1996.**Disponívelem:<http://www.grupocalibracao.com.br/padrao.aspx?texto.aspx?idcontent=987&idContentSection=1795>. Acesso em: 28/10/2008.

BECKER, J. M., HEITER, H., SLABOCH, V. New Technical Standards Improving the Quality in Positioning and Measurement, FIG WORKING WEEK, 2000, Prague, **Anais eletrônicos**…,Prague,2000. Disponível em: http://www.fig.net/pub/proceedings/prague-final-papers/Papers-acrobats/becker-heister-slaboch-fin.pdf>. Acesso em: 14/03/2008.

BRUM, E. V. P. **Verificação e classificação de níveis de acordo com normas internacionais.** 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

CARR, J. J. **Practical Antenna Handbook,** 1998. 3rd Edition, Verlag, McGraw-Hill, Inc., New York.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **Topografia II: Altimetria.** Material teórico de apoio à disciplina Topografia II. – Centro Federal de Educação Tecnológica. [19--].

CORDINI, J. **Topografia I – Planimetria: capítulo 11 – Erros nas medidas angulares e lineares.** Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2002. Disponível em:< http://www.topografia.ufsc.br/cap11-2.html>. Acesso em: 20/06/2008.

D. BRUĈAS, V. GINIOTIS., P. PETROSKEVIĈIUS. Basic construction of the flat angle calibration test Bench for geodetic instruments, In: GEODESY AND CARTOGRAPHY, Vol. 32, No. 3, p. 66-7, 2006, Vilnius. **Papers**…. Vilnius. Disponível em:<http://www.gc.vgtu.lt/en/lt/3/NR/PUB/6164>. Acesso em: 04/03/2008.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. Disponível em: <http://www.din.de/cmd;jsessionid=674E78D053403DDA7644424B93BFBD8A.1?level=tpl-bereich&menuid=47391&cmsareaid=47391&languageid=de>.Acesso em: 18/03/2008.

------. **DIN 18723 - 1**: Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung Geodatischer Instrumente – Allgemeines. Deutschland, 1990.

------. **DIN 18723 - 2**: Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung Geodatischer Instrumente – Nivelliere. Deutschland, 1990.

DZIERZEGA, A.; SCHERRER, R. Leica Geosystems. **Compact Method of Testing Total Stations,** Heerbrugg. 2003.

FAGGION, P. L. **Obtenção dos elementos de calibração e certificação de medidores eletrônicos de distância em campo de prova**. 2001. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, 2001.

FAGGION, P. L; VEIGA, L. A. K. **Considerações sobre a instrumentação topográfica.** 2007. 61 f. Material didático – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

FREIBERGER, J. J. **Antenas de receptores GPS: Características gerais.** 2004. 24 f Material teórico de apoio ao Curso de Extensão Error Sources in Highly Precise GPS Positioning – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

------. **Investigações para a calibração relativa de antenas de receptores GPS.** 2007. 222 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

GREENWAY, I. Should surveyors care?, In: INTERGEI, 2001, p. 1-12. Cologne. **Papers...**.Cologne.Disponível:<http://www.fig.net/standards_network/intergeo_2001.pdf>.Acesso em: 06/03/2008.

------. Standards and Surveyors – A Continuing Odyssey, In: FIG WORKING WEEK, 2004, Athens, **Papers….** Athens. Disponível em: <http://www.fig.net/pub/athens/papers/ts03/ts03_1_greenway.pdf>. Acesso em: 04/03/2008.

HEISTER. H. **A new concept for stating accuracy in standars – exemplified by ISO / DIS 17123-6 rotation lasers, 2001.** FIG Working Week 2001, Seoul, Korea 6–11 May 2001.

HUINCA, S. C. M.; JUNIO, J. F. A 1ª Base de Calibração para Antenas GNSS no Brasil. **In: COBRAC 2008 CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO,** 2008, Florianópolis. Anais... CD-Room.

INSTITUTE OF ELETRICAL AND ELECTRONIC ENGININEERS. **IEEE Standard definitions of terms for antennas. IEEE Std 145-1993.** New York, USA. P. 40. Disponível:<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=286098&isnumber=7109>.Acesso em: 13/08/2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em:< http://www.inmetro.gov.br/inmetro/oque.asp>. Acesso em: 15/03/2008.

------. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia.VIM.** 5ª Edição. Rio de Janeiro: Ed. SENAI, Dezembro, 2007. P. 15-58.

INSTOP, S. L. **Instop: Instrumentos topográficos**. [19--].

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDSATION. **ISO 12858-2:1999**: **Optics and Optical Instruments – Ancillary devices for geodetic instruments – Part 2: tripods.** Geneva, 1999.

------. **ISO 17123**: **Optics and Optical Instruments – Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments – Part 1: Teory.** Geneva, 2001.

------. **ISO 17123**: **Optics and Optical Instruments – Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments – Part 2: Levels**. Geneva, 2001.

------. **ISO/TC 172/SC 6. Report on the ISO/TC 172/SC 6 Meeting.** Gaithersburg, 2004.

JOHNSON, R. C. **Antenna Engineering Handbook**, 1993. 3rd edition, New York: McGraw-Hill.

KHALIL, R. New Compact Method for Laboratory Testing EDM Instruments, In: FIG WORKING WEEK, 2005, Egypt, **Papers**…, Egypt, 2005. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/cairo/papers/ts_22/ts22_06_khalil.pdf>. Acesso em: 27/03/2008.

KLEIN, K. H.; HEUNECKE, O. Engineering Surveying Standards. FIG WORKING WEEK, 2006, Alemanha, **Anais eletrônicos**…, Alemanha, 2006. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ws02/ws02_02_klein_heunecke_0904.pdf>. Acesso em 06/03/2008.

KRAUS, J. D. **Antennas.** 2nd Edition, 1988. New York: Mc Graw-Hill.

KRAVCHYCHYN et al. Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade conforme a Norma ABNT NBR ISO 9001:2000 no Laboratório de Controle de Processos do Departamento de Engenharia Química e de Alimentos da Universidade Federal da Santa Catarina (LCP-EQA-UFSC), In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. **Anais eletrônicos**…Fortaleza.Disponívelem:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470321_8070.pdf>.Acesso em: 11/08/2009.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA INSTRUMENTOS DE TOPOGRAFÍA – BMP RENTA. Disponível em <www.bmprenta.cl>. Acesso em: 04/03/2009.

LAZOS - MARTÍNEZ, R., **Uso de certificados de calibración. Notas**. Centro Nacional de Metrología, México, 2002. Disponível em: <http:// www.cenam.mx>. Acesso em : 18/08/2009.

LEICA GEOSYSTEMS.Disponível em: <http://www.leica-geosystems.com/en/index.htm>. Acesso em 20.05.2008.

------. **Accuracy Measurements (Compact Methods): angle and distance.** Heerbrugg, Suíça. 1998.

------. **TPS Information 10/00: Additive Constant for EDM,** Heerbrugg, Suíça. 2000.

------. **TPS NEWS 2001: Calibration - The practical part.** Heerbrugg, Suíça. 2001.

------. **Product-Information: GRZ101, 360° mini prism,** Heerbrugg, Suíça. 2002.

------. **Accessory Newsletter – No. 2: Leica Geosystems Tripods.** Heerbrugg, Suíça. 2004.

------. **Accessory Newsletter – No. 3: Data storage and transfer.** Heerbrugg, Suíça. 2005.

------. **Accessory Newsletter – No. 4: Purpose of the tribrach.** Heerbrugg, Suíça. 2005.

------. **Accessory Newsletter – No. 5: Accuracy of reflector.** Heerbrugg, Suíça 2005.

------. **Original Accessories: The right selection.** Heerbrugg, Suíça. 2007.

------. **Accessory Newsletter – No.1: Robotic total station prism.** Heerbrugg, Suíça. 2004.

------. **Accuracy analysis of surveying tripods.** Heerbrugg, Suíça. 2007.

------. **TPS Info 01/2003 – Calibration: User Information on Calibration of Total Stations.** Heerbrugg, Suíça. 2003.

------. **TPS Info 02/2003 – ISO Standards: ISO Standards for "Field procedures for testing geodetic and surveying instruments".** Heerbrugg, Suíça. 2003.

------. **TPS Information 37/00: What is DIN 18723 (part 3) and ISO 12857 (part 2)?.** Heerbrugg, Suíça. 2000.

------. **Calibration Certificate_Specimen.doc.** Heerbrugg, Suíça. [20--].

LORRAIN, P.; CORSON, D.; LORRAIN, F. **Campos e ondas electromagnéticas,** 1988. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

MACHADO, K. D. **Teoria do Eletromagnetismo,** 2006. Volume III. Ponta Grossa: Editora UEPG.

MAGALHÃES, J. G.; NORONHA, J. L. Sistema de gestão da qualidade para laboratório de metrologia de acordo com a NBR ISO/IEC 17025:2005, In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. **Anais eletrônicos**… Fortaleza. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470322_7791.pdf>. Acesso em: 11/08/2008.

MAPPING INTERACTIVO. **Certificado de calidad em equipos de topografia: Requisito imprescindible o uma neceddidad? "Su contribuicón al sistema de calidad de uma**

empresa". Disponível em: <http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=923#0>. Acesso em: 10/11/2008.

MARTIN, D.; GATTA, G. Calibration of Total Stations Instruments at the ESRF, In: XXIII FIG CONGRESS IN MUNICH, 2006, Germany, **Anais eletrônicos**…, Germany, 2006. Disponível em: http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts24/ts24_05_martin_gatta_0506.pdf. Acesso em: 25/03/2008.

RIBEIRO, J. A. J. **Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e Aplicações,** 2004. 1ª. Edição. São Paulo: Érica.

ROTHAMMEL, K. **Rothammels Antennenbuch,** 1995. 11. Auflag, Verlag Franckh-Kosmos, Stuttgart.

SKLARSKI, M. M. S. S. **Avaliação das recomendações da NBR 14.166 com ênfase ao posicionamento com NAVSTAR-GPS.** 2004. 174 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

------. **Metodologia para a criação de um laboratório para classificação das componentes angulares (horizontal e vertical) de teodolitos e estações totais.** 2008. 157 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Serviço Brasileiro de respostas técnicas. **Resposta Técnica,** Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br>. Acesso em: 19/03/2009.

SILVA, I. **História dos Pesos e Medidas.** São Carlos - SP: EdUFSCar, 2004. v. 1. 192 p.

SLABOCH, V.; LECHNER, J.; PIZUR, M. **Implementation of ISO 17025:2000 in the Geodetic Metrology Laboratories and Their Role in the National Metrology System.**, FIG WORKING WEEK, 2003, Paris, Anais eletrônicos…, Paris, 2003. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/fig_2003/TS_12/TS12_2_Slaboch_et_al.pdf> Acesso em 19/03/2009.

SWISS ACCREDITATION SERVICE. **Calibration laboratory for Length and Angle: Leica Geosystems:** Heerbrugg, Suíça. 2003. 2 p.

TAKALO, M.; ROUHIAINEN, P. Development of a System Calibration Comparator for Digital Levels in Finland. **Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research,** Finlândia, v. 1, 2004.

TOMASI, S. **Metrologia: uma proposta para o gerenciamento de rotina.** ENQUALAB-2005 – ENCONTRO PARA A QUALIDADE DE LABORATÓRIOS**,** 2005, São Paulo, Anais... CD-Room.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of the Army. Manual No. 1110-1-1005. In: ------. **Manual.** Engineering and Design: Control and topographic surveying, USA, 2007. p. 222-242. Disponível em:<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-1-1005/entire.pdf>. Acesso em: 30/05/2009.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE. **Informe n° 3: Errores del teodolito.** [19--].

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

VELYCHKO, O. Harmonization of the legislative acts and normative documents on metrology in Ukraine. **OIML Bulletin,** Ucrânia, v. XLI, 2000. Disponível em:<http://www.oiml.org/bulletin/2000/04/velychko.pdf>. Acesso em 19/03/2009.

YAVUZ, E.; ERSOY, N. Standardisation in engineering, In: GEODESY AND CARTOGRAPHY, 2006, Vilnius. **Papers**…. Vilnius. Disponível em:< http://www.gc.vgtu.lt/upload/geod_zurn/pia-c.pdf>. Acesso em: 09/08/2008.

ZEISKE, K. Current status of the standardization of accuracy determination procedures for surveying instruments. FIG WORKING WEEK, 2001, Seoul, **Anais eletrônicos**…, Seoul, 2001. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/proceedings/korea/full-papers/pdf/ws_com5_3/zeiske.pdf>. Acesso em 04/03/2008.

APÊNDICE A

São apresentadas no Apêndice A, três tabelas, a Tabela A.1 contendo um plano geral possível de serviços prestados pelos laboratórios de manutenção/calibração em instrumentos topográficos e geodésicos, desde a recepção do instrumento na secretaria até a expedição. E também, as tabelas: Tabela A.2 e Tabela A.3, abrangendo um plano básico possível de manutenção, troca e atualizações em estações totais e níveis respectivamente.

ETAPAS DO PROCESSO		ENTRADA			PROCESSO												SAÍDA	
		Recebimento, Preenchimento de Ordem de Serviço, Armazenamento inicial			Checagem e Diagnóstico				Armazenamento para espera de aprovação de orçamento e peças em falta			Trocas de placas e atualizações de equipamentos		Serviço de manutenção Técnica			Armazenamento pré-expedição e expedição	
SERVIÇO	OPERAÇÕES	Chegada do aparelho na recepção	Preenchimento de Ordem de Serviço	Armazenamento Inicial	Visual	Mecânica	Por Software	Diagnóstico	Armazenamento	Aprovação do Orçamento	Pedido de peças em falta no estoque	Trocas de placas e módulos de trocas	Atualizações de equipamentos	Manutenção Básica	Manutenção Padrão	Manutenção Completa	Armazenamento final	Expedição
Estação Total 400-800	TPS 400-800																	
Estação Total 1200	TPS 1200																	
Estação Total 03/10	DNA 03/10																	
Nível 700/800	NA 700/800																	

TABELA A.1: Plano geral possível de serviços prestados pelos laboratórios de manutenção/calibração em instrumentos topográficos e geodésicos, desde a recepção do instrumento na secretaria até a expedição.

Procedimento	Ação	Placas e módulos de troca	Atualização de equipamentos	Manutenção Básica	Manutenção Padrão	Manutenção Completa
		todas	todas	todas	todas	todas
Troca	Trabalho para troca de Placas/Módulos com todos os ajustes necessários	■				
Atualização	Trabalho para atualização do produto		■			
	Partes para atualização do produto não incluídas		■			
Manutenção	Determinar o índice de erro do compensador			■		
	Determinar o índice de erro vertical			■		
	Determinar o erro de colimação			■		
	Determinar o erro ATR (quanto o equipamento possuir)			■		
	Determinar o erro do eixo de inclinação vertical			■		
	Testes de entrada				■	■
	Inspeção e limpeza dos círculos graduados HZ e V (se necessário)				■	■
	Inspeção e lubrificação do sistema de focagem				■	■
	Limpeza e lubrificação do eixo HZ e eixo de inclinação vertical					■
	Limpeza e lubrificação dos botões de movimento rosca sem fim (HZ/V)					■
	Limpeza e lubrificação do anel de ajuste					■
	Troca das borrachas de vedação (se necessário)					■
	Inspeção do feixe laser e diodos (IR/RL EDM/ATR)				■	■
	Ajuste da colimação HZ e o índice V				■	■
	Instalação do Firmware e aplicativos mais recentes				■	■
	Ajuste do teodolito					■
	Ajuste do EDM (distanciômetro)					■
	Ajuste do compensador					■
	Ajuste da ATR (se necessário)					■
	Ajuste dos motores (se o equipamento possuir)					■
	Determinar e inserir no equipamento a constante EDM				■	■
Geral	Testes de Saída	■	■		■	■
	Limpeza do equipamento e acessórios (incluindo estojo)	■	■	■	■	■
	Testes de verificação final	■	■	■	■	■
	Emissão de relatório de serviços	■	■	■	■	■
	Emissão de certificado de serviços	■	■		■	■

TABELA A.2: Plano básico possível de manutenção, troca e atualizações em estações totais

Procedimento	Ação	Placas e módulos de troca	Atualização de equipamentos	Manutenção Básica	Manutenção Padrão		Manutenção Completa	
		todos	nenhum	DNA03/10	DNA03/10	NA700/800	DNA03/10	DNA03/10
Troca	Trabalho para troca de Placas/Módulos com todos os ajustes necessários	■						
	Testes de Entrada	■						
	Checagem do Círculo graduado	■						
	Limpeza do Círculo graduado (se necessário)	■						
Manutenção	Testes de Entrada			■	■	■	■	■
	Limpeza e lubrificação do sistema de foco (se necessário)				■	■	■	■
	Limpeza e lubrificação do eixo horizontal (standing axis) (se necessário)						■	■
	Troca de todas as borrachas de vedação							
	Ajuste da bolha				■	■	■	■
	Ajustes do CCD-array e compensador						■	■
	Instalação do firmaware e aplicativos mais recentes			■	■		■	
Geral	Testes de Saída	■		■	■	■	■	■
	Limpeza do equipamento e acessórios (incluindo estojo)	■		■	■	■	■	■
	Testes de verificação final	■		■	■	■	■	■
	Emissão de relatório de serviços	■		■	■	■	■	■
	Emissão de certificado de serviços	■			■	■	■	■

TABELA A.3: Plano básico possível de manutenção, troca e atualizações em níveis

APÊNDICE B

No Apêndice B, são apresentados modelos de certificados de calibração que podem ser emitidos pelos centros nacionais de metrologia para os laboratórios de manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos que possuem suas atividades voltadas para a manutenção/calibração de instrumentos topográficos e geodésicos. Os modelos são especificamente para Estações Totais e Níveis que serão usados como padrão para a calibração futura de outros equipamentos (Modelo B.1).

Também são expostos nos Modelos B.2 e B.3, as informações mínimas necessárias que podem estar presentes nos certificados de calibração emitidos por um laboratório de calibração para o usuário final. As informações são adequadas para Estações Totais e Níveis respectivamente.

MODELO B.1: Informações mínimas necessárias que podem estar presentes nos certificados de calibração para estações totais (instrumento padrão) e níveis instrumento padrão) emitidos pelos laboratórios para os usuários finais

- Nº do certificado;
- Nº do serviço;
- Sobre o cliente:
    - Nome do Laboratório
    - Endereço do Laboratório
- Sobre o instrumento:
    - Descrição: Estação Total ou Nível
    - Marca e Modelo
    - Nº de série
    - Condições do instrumento: Descreve se existe alguma restrição sobre o instrumento calibrado.
- Informações sobre o instrumento padrão:
    - Informações sobre o colimador, (marca, modelo, nº de série do certificado de calibração).
- Resultado da calibração
- Incerteza
- Condições ambientais no momento da calibração: Temperatura
- Data da calibração
- Procedimento utilizado na calibração

Existem determinados registros adicionais para cada tipo instrumento que os laboratórios buscam manter em seus arquivos, esses detalhes incluem detalhes dos serviços e da calibração, sendo utilizadas sempre que necessário, sejam:

- Data da última calibração;

  - Custo dos serviços e informações gerais;
  - Valores calibrados, relatórios e certificados de calibração são mantidos por um determinado tempo nos arquivos do laboratório.

MODELO B. 2: Informações mínimas necessárias que podem estar presentes nos certificados de calibração emitidos por um laboratório de calibração para o usuário final – Adequado para Estações Totais

- Identificação do cliente:
    - Nome
    - Endereço
- Identificação do instrumento:
    - Tipo do instrumento
    - Marca e Modelo
    - Nº de série
- Condições ambientais:
    - Procedimento utilizado para a calibração
    - Data de calibração
    - Local de calibração
    - Temperatura: no local do colimador e no campo
    - Pressão atmosférica: no local do colimador e no campo
- Calibração dos ângulos horizontais:
    - Ângulos do instrumento calibrado (gon)
    - Ângulos do instrumento padrão (gon)
    - Desvio padrão (mgon)
    - Erro (mgon)
    - Incerteza (+/-mgon)

MODELO B.3: Informações mínimas necessárias que podem estar presentes nos certificados de calibração emitidas por um laboratório de calibração para o usuário final – Adequado para Níveis

- Identificação do cliente:
    - Nome
    - Endereço
- Identificação do instrumento:
    - Tipo do instrumento
    - Marca e Modelo
    - Nº de série
- Condições ambientais e de calibração:
    - Procedimento utilizado para a calibração
    - Data de calibração
    - Local de calibração
    - Temperatura
    - Pressão atmosférica
- Rastreabilidade da calibração:
    - Padrão: Identificação do instrumento
    - Rastreabilidade: local de calibração do instrumento padrão
    - Nº do certificado de calibração do padrão
- Desnível:
    - Desnível do instrumento calibrado (mm)
    - Desnível do padrão (mm)

- Desvio padrão (mm/m)
- Erro (mm/m)
- Incerteza +/- (mm/m)

ANEXO A

No Anexo A será mostrado três exemplos ilustrativos de certificados de calibração. Na Figura AA.1 é apresentado um exemplo de certificado de calibração emitido pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP, voltado para estação total. A Figura AA.2, um exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP, voltado para nível topográfico. E por fim, na Figura AA.3, um exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP, voltado para teodolito eletrônico.

FIGURA AA.1: Exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP: Para estação total

CENAM CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Hoja 1/3

No. de Certificado: CNM-CC-740-021/2006
Certificate number

No. de Servicio: 740-55140
Service number

Cliente
Customer

Nombre: BMP Renta Ltda.
Name

Domicilio: Teniente Compton No. 200, Ñuñoa Santiago, Chile
Address

Instrumento
Instrument

Descripción: Estación total
Description

Marca: Trimble
Manufacturer

Modelo: 3605 DR
Model

No. de Serie: 504125 A
Serial number

Condición del Instrumento: Sin observaciones
Instrument conditions

Copia no válida si no adjunta certificado de calibración emitido por BMP Renta Ltda.

Patrón: Mesa a índice, marca Moore, modelo 1440, no. de serie 8-1440-269, certificado de calibración CNM-CC-740-003/2002, autocolimador, marca Rank Taylor Hobson, modelo DA 400 no. de serie 142/78-63, certificado de calibración CNM-CC-740-130/2003, interferómetro láser, marca Hewlett Packard, modelo 5529B, no. de serie US 40100389, certificado de calibración CNM-CC-740-076/2005, máquina de medición por coordenadas, marca Mitutoyo, modelo BJ-1015, no. de serie 850707, certificado de calibración CNM-CC-740-135/2005, trazables al patrón nacional de longitud CNM-PNM-2.

Resultados de la calibración: Se indica en las hojas 2 y 3
Calibration result

Incertidumbre: Se indica en la hoja 3.
Uncertainty

Condiciones ambientales de medición: Temperatura: 20°C con variaciones que no excedieron ± 0,5 °C
Environmental conditions of measurement

Fecha de la calibración: 2006-01-07
Calibration date

Procedimiento utilizado: 740-AC-P.111

Nota: Las aclaraciones indicadas al reverso de esta hoja forman parte de este certificado.

Calibró (Calibrated by):	Aprobó (Approved by):	Fecha de emisión (Date issued)
Francisco Huerta Yshikawa Metrólogo División de Metrología Dimensional	Edgar Arizmendi Reyes Coordinador de Especialidad División de Metrología Dimensional	2006-01-24

Carretera a Los Cués km 4,5 El Marqués, Qro. C.P. 76241, México.
Apdo. Postal 1-100 Centro C.P. 76000
Tels.: 01 (442) 211.05.00 al 04, Fax: 211.05.28

740-02632

FIGURA AA.2: Exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP: Para nível topográfico

CENAM CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Hoja 1/3

No. de Certificado: CNM-CC-740-020/2006
Certificate number

No. de Servicio: 740-55143
Service number

Cliente
Customer

Nombre: BMP Renta Ltda.
Name

Domicilio: Teniente Compton No. 200, Ñuñoa Santiago, Chile
Address

Instrumento
Instrument

Descripción: Nivel topográfico
Description

Marca: Wild
Manufacturer

Modelo: OT200-31
Model

No. de Serie: 46120
Serial number

Condición del Instrumento: Sin observaciones
Instrument conditions

Copia no válida si no adjunta certificado de calibración emitido por BMP Renta Ltda

Patrón: Generador de pequeños ángulos marca Rank Taylor Hobson, modelo TA48, Serie [illegible], Certificado de calibración CNM-CC-740-192/2001, máquina de medición por coordenadas, marca Mitutoyo, modelo [illegible]015, no. de serie 850707, certificado de calibración CNM-CC-740-135/2005 trazable al patrón nacional de longitud CNM-PNM-2.

Resultados de la calibración: Se indican en la hoja 2
Calibration result

Incertidumbre: Se indica en la hoja 2
Uncertainty

Condiciones ambientales de medición: Temperatura: 20°C con variaciones que no excedieron ± 0,5 °C
Environmental conditions of measurement

Fecha de la calibración: 2006-01-20
Calibration date

Procedimiento utilizado: 740-AC-P.111

Nota: Las aclaraciones indicadas al reverso de esta hoja forman parte de este certificado.

Calibró (Calibrated by):	Aprobó (Approved by):	Fecha de emisión (Date issued)
Francisco Huerta Yshikawa Metrólogo División de Metrología Dimensional	Edgar Arizmendi Reyes Coordinador de especialidad División de Metrología Dimensional	2006-02-07

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA QUERÉTARO, MÉXICO

Carretera a Los Cués km 4,5 El Marqués, Qro. C.P. 76241, México.
Apdo. Postal 1-100 Centro C.P. 76000
Tels.: 01 (442) 211.05.00 al 04, Fax: 211.05.28
130-AC-F.002-2

740-02631

FIGURA AA.3: Exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pelo Centro Nacional de Metrologia – CENAM ao laboratório BMP: Para teodolito eletrônico

CENAM CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Hoja 1/3

No. de Certificado: CNM-CC-740-022/2006
Certificate number

No. de Servicio: 740-55142
Service number

Cliente
Customer

Nombre: BMP Renta Ltda.
Name

Domicilio: Teniente Compton No. 200, Ñuñoa, Santiago, Chile.
Address

Instrumento
Instrument

Descripción: Teodolito electrónico
Description

Marca: Wild
Manufacturer

Modelo: T-3000
Model

No. de Serie: 338980
Serial number

Condición del Instrumento: Sin observaciones
Instrument conditions

Copia no válida si no adjunta certificado de calibración emitido por BMP Renta Ltda.

Patrón: Mesa a índice, marca Moore, modelo 1440, no. de serie 8-1440, certificado de calibración CNM-CC-740-003/2002, autocolimador, marca Rank Taylor Hobson, modelo DA 400, no. de serie [illegible]63, certificado de calibración CNM-CC-740-130/2003, máquina de medición por coordenadas, Mitutoyo modelo BJ-1015, no. de serie 850707, certificado de calibración CNM-CC-740-135/2005, trazables al patrón nacional de longitud CNM-PNM-2.

Resultados de la calibración: Se indica en las hojas 2 y 3
Calibration result

Incertidumbre: Se indica en la hoja 3.
Uncertainty

Condiciones ambientales de medición: Temperatura: 20°C con variaciones que no excedieron ± 0,5 °C
Environmental conditions of measurement

Fecha de la calibración: 2006-01-18
Calibration date

Procedimiento utilizado: 740-AC-P.111 y 740-AC-P.115

Nota: Las aclaraciones indicadas al reverso de esta hoja forman parte de este certificado.

Calibró (Calibrated by):	Aprobó (Approved by):	Fecha de emisión (Date issued)
Francisco Huerta Yshikawa Metrólogo División de Metrología Dimensional	Edgar Arizmendi Reyes Coordinador de Especialidad División de Metrología Dimensional	2006-01-26

Carretera a Los Cués km 4,5 El Marqués, Qro. C.P. 76241, México.
Apdo. Postal 1-100 Centro C.P. 76000
Tels.: 01 (442) 211.05.00 al 04, Fax: 211.05.28

740-02790

130-AC-F.002-2

ANEXO B

Na Figura BB será mostrado um exemplo ilustrativo do certificado de Sistema de Gestão da Qualidade emitido pela AENOR ao Laboratório BMP.

FIGURA BB: Exemplo ilustrativo do certificado de Sistema de Gestão da Qualidade emitido pela AENOR ao Laboratório BMP

Certificado del Sistema de Gestión de la Calidad

AENOR

ER

Empresa Registrada

UNE-EN ISO 9001

ER-1286/2008

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, certifica que la organización

BUSTAMANTE MUNOZ PEREIRA RENTA LIMITADA

dispone de un sistema de gestión de la calidad conforme con la Norma UNE-EN ISO 9001:2000

para las actividades: Provisión del servicio de arriendo, venta, reparación y calibración de instrumentos topográficos

que se realizan en: CL TENIENTE COMPTON, 200. - ÑUÑOA (SANTIAGO - CHILE)

Fecha de emisión: 2008-10-17
Fecha de expiración: 2011-10-17

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

El Director General de AENOR

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación | Génova, 6. 28004 Madrid. España Tel. 902 102 201 – www.aenor.es

AENOR CHILE Av. Andrés Bello, 2711 - piso 24, of. 2402 Edificio "Torre de la Costanera" - Comuna de las Condes - Santiago de Chile - www.aenorchile.com

Acreditación SC 007 | Entidad acreditada por ENAC con nº 01/C-SC003

AENOR es miembro de la RED IQNet (Red Internacional de Certificación)

Certificado transferido. Fecha de emisión del certificado de la entidad de certificación acreditada: 2005-10-18

ANEXO C

Na Figura CC apresenta-se um exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pela Leica Geosystems.

FIGURA CC: Exemplo ilustrativo do certificado de calibração emitido pela Leica Geosystems

Calibration Certificate SCS

Accreditation No.: SCS 079

The Swiss Accreditation Service is one of the signatories to the European cooperation for Accreditation (EA) Mulitilateral Agreement for the recognition of calibration certificates

Swiss Calibration Service (SCS)
Schweizerischer Kalibrierdienst
Service suisse d'étalonnage
Servizio svizzero di taratura

Product:	xxxxxx
Article no:	xxxxxx
Serial no:	xxxxxx
Calibration date:	mm dd yyyy
Ordered by:	Hans Muster
Your order number:	xxxxxx
Customer:	Hans Muster

Certificate. no.:
Calibration Certificate_Specimen.doc

Specimen

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurements (SI).

The measurement, the uncertainties with confidence probability and calibration methods are given on the following pages and are part of the certificate.
The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k = 2, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with EA-4/02.

Calibration Laboratory accredited by the Swiss Federal Office of Metrology and Accreditation

Leica Geosystems AG
SCS Calibration Laboratory

mm dd yyyy

TQM ISO 9001 / ISO 14001

Heinz Zudrell
Head Quality Management

Gallus Schlachter
Head Calibration Laboratory

Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
CH-9435 Heerbrugg
Switzerland
www.leica-geosystems.com

- when it has to be **right**

Leica Geosystems

Product specifications (standard mode):

Standard deviation of a single distance measurement according to ISO 17123, part 4:

s = 2 mm + 2 ppm

Measuring results:

- **Standard deviation of a single distance measurement:**

s = 0.25 mm ± 0.17 mm *)

The determination of the standard deviation is based on distance measurements in all combination on a field base line (distances from 19.5 to 501.5 m).
(temperature range: 6.5 °C to 7.4 °C; atm. pressure: 962 hPa, used type of reflector: GPH1P)

- **Measured deviation:**

ΔD = 0 mm ± 0.5 mm *)

Determined on a base line as differences between known and measured distances from 2 m to 60 m.
(temperature: 18 °C; atm. pressure: 968 hPa, used type of reflector: circular prism)

- **Relative Frequency deviation:**

Δf/f = 0.16 ppm ± 0.10 ppm *) at temperature: 20.2 °C
Δf/f = 0.52 ppm ± 0.10 ppm *) at temperature: -21.2 °C
Δf/f = 0.42 ppm ± 0.10 ppm *) at temperature: 50.3 °C

Specimen

Statement of Compliance (☐ - mark applicable statement):

☒ - Compliance:
The measurement value is within the specification of the product.

☐ - Non-compliance:
The measurement value exceeds the specification of the product.

Calibration procedure:
The standard deviation of a distance measurement is verified in accordance with ISO 17123, part 4. Therefore measurements have to be carried out on the base line in the field and on the interferometric controlled test base. The scalefactor is verified by measuring the modulation frequency of the emitted radiation.

---------- o ---------

*) reported expanded uncertainty of measurement as stated on first page

Product specifications:

Standard deviation of a double face measurement according to ISO 17123-3:
Horizontal direction Hz = 0.3 mgon [1"]
Vertical angle V = 0.3 mgon [1"]

Measuring results:

- **Standard deviation of horizontal direction Hz: s = 0.21 mgon [0.7"] ± 0.1 mgon [0.3"] *)**
(temperature: 18.5 °C)

- **Standard deviation of vertical angle V: s = 0.24 mgon [0.8"] ± 0.1 mgon [0.3"] *)**
(temperature: 18.5 °C)

(measuring sector: ± 126° zenith angle)

Statement of Compliance (☐ - mark applicable statement):

☒ - Compliance:
The measurement value is within the specification of the product.

☐ - Non-compliance:
The measurement value exceeds the specification of the product.

Calibration procedure:

The reported measuring results are based on single face measurements under laboratory conditions, propagated (under consideration of the influence of telescope and drive properties) to double face measurements under field conditions according to ISO 17123-3 in order to make them comparable to the specifications.
The compliance statement meets the requirements of the statistical test procedure as described in ISO 17123-3.

---------- o ----------

*) reported expanded uncertainty of measurement as stated on first page

Specimen

ANEXO D

A Figura DD expõe um informativo sobre a atribuição do laboratório sede da Leica Geosystems (Heerbrugg – Suíça) para a realização das calibrações em ângulos e distâncias

FIGURA DD: Informativo sobre a atribuição do laboratório sede da Leica Geosystems (Heerbrugg – Suíça) para a realização das calibrações em ângulos e distâncias

m é t á s

metrology and accreditation switzerland

Schweizerische Akkreditierungsstelle
Service d'accréditation suisse
Servizio di accreditamento svizzero
Swiss Accreditation Service

Accreditation number SCS 079
Accreditation Standard: ISO/IEC 17025

SCS Directory

Page 1 of 2

Calibration laboratory for Length and Angle

Leica Geosystems AG
CH-9435 Heerbrugg
☎ +41 71 / 727 31 31
Fax +41 71 / 727 46 74

Head of laboratory : René Scherrer
Head of measurement Laboratory : Gallus Schlachter
Responsible for QA : Heinz Zudrell
First accreditation : 02.06.1997
Last accreditation : 18.09.2002

Measured quantities:
Length
Angle

Mutations:
Personnel : 01.01.00, 23.09.03
Extensions : 14.10.04
Address : 27.08.98
Edition : **SCS079/G**

The given extended measurement uncertainty is the standard uncertainty of the measurement multiplied by an extension factor k = 2, which corresponds to a confidence level of about 95% for a normal distribution

Measured Quantity Instrument or Gauge	Measurement Range	Measurement Conditions	Best Measurement Capability ±	Remarks
Electro-optical distance measuring instruments	60 m 120 m	Laboratory	0,16 mm 0,26 mm	Measurement of linearity deviations
	500 m 1000 m 2000 m 3000 m	Terrain	0,07 mm 0,10 mm 0,18 mm 0,26 mm	Standard deviation of a single measurement, according to ISO 17123-4
Frequency	100 MHz 50 MHz 15 MHz	Temperature range -20°C ... +50°C	10,0 Hz 5,0 Hz 1,5 Hz	Deviation of the modulation frequency in function of the temperature
Horizontal optical line of sight (e.g. of levels)	Deviation of line of sight from horizon	Laboratory	2,6 ″	according to Leica calibration instruction 666 951
	Repeatability		0,18 ″	

m e t a s

metrology and accreditation switzerland

Schweizerische Akkreditierungsstelle
Service d'accréditation suisse
Servizio di accreditamento svizzero
Swiss Accreditation Service

Accreditation number SCS 079
Accreditation Standard: ISO/IEC 17025

SCS Directory

Calibration laboratory for Length and Angle

The given extended measurement uncertainty is the standard uncertainty of the measurement multiplied by an extension factor k = 2, which corresponds to a confidence level of about 95% for a normal distribution

Measurement quantities Calibration object	Measurement range	Measurement conditions	Best uncertainty ±	Remarks
Theodolites				
Angles	Hz full circle	Laboratory	0,08''	Standard deviation of a dual face measurement, according to ISO 17123-3
	V ± 126° (Zenith angle)		0,08''	

ANEXO E

Na Figura EE é apresentado um exemplo ilustrativo do certificado “Producer inspection certificate M” emitido pela Leica Geosystems.

FIGURA EE: Modelo do Producer inspection certificate M emitido pela Leica Geosystems

Producer inspection certificate M

in accordance with DIN 55350-18-4.2.2

Product: TCR1101
Article no: 667769
Serial no:

Inspection date:

Ordered by:

Your order number: -- SPECIMEN

Customer:

1. Specifications: Standard deviation of a mean direction **measured in both faces (DIN 18723, part 3):** 0.5 mgon

2. Test results: Standard deviation Hz : 0.36 mgon
Standard deviation V : 0.15 mgon

3. Certificate: We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications and test results as stated above.
The test equipment used is traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited to ISO 9001 by an independent national accredited body.

Leica Geosystems AG
Business Area TPS
CH-9435 Heerbrugg (Switzerland) January

TQM

Product Manager Quality Management

ANEXO F

Na Figura FF é apresentado um exemplo ilustrativo do certificado “Producer certificate O” emitido pela Leica Geosystems.

FIGURA FF: Modelo do Producer certificate O emitido pela Leica Geosystems

Producer certificate O

in accordance with DIN 55350-18-4.1.1

Product: TCR1103
Article no: 667781
Serial no:

Inspection date:

Ordered by: SPECIMEN

Your order number: --

Customer:

1. Specifications: **In accordance with user manual** supplied on delivery.

2. Certificate: We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications as stated above.
The test equipment used is traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited to ISO 9001 by an independent national accredited body.

Leica Geosystems AG
Business Area TPS
CH-9435 Heerbrugg (Switzerland) January

TQM

Product Manager Quality Management

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo