

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE ESCALA EM ESTAÇÕES TOTAIS E MED UTILIZANDO OBSERVAÇÕES DE CAMPO E LABORATÓRIO

¹FAGGION, P. L.;
²FREITAS, R. C.

Universidade Federal do Paraná,
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática,
CEP 81531-990 Caixa Postal 19011 - Curitiba, Brasil
¹pedrof@geoc.ufpr.br, ²rafael@setuva.geologia.ufpr.br

RESUMO

A calibração de Medidores Eletrônicos de Distância (MED) consiste na determinação do erro de zero, fator de escala e elementos do erro cíclico. Para tal, são necessárias três etapas envolvendo operações de campo e de laboratório. São elas: determinação do erro de zero (não coincidência entre o centro mecânico e o centro eletrônico do MED); fator de escala (variação na frequência de medida do equipamento); elementos do erro cíclico (amplitude e fase). Suas determinações são efetuadas respectivamente através de: observações em uma base de campo, tal como a disponível no âmbito da UFPR; determinação do fator de escala em laboratório e determinação precisa dos elementos do erro cíclico através de observações em uma base em ambiente fechado. O presente trabalho aborda a determinação do fator de escala dos MEDs em laboratório e compara-os com o valor obtido em campo. Esse erro é diretamente relacionado com as variações produzidas pelo cristal, que modulam o sinal utilizado para determinar a distância entre o emissor e refletor e pela variação da temperatura de operação do mesmo. O presente estudo, pouco explorado a nível de Brasil, pretende apresentar a metodologia e os primeiros resultados alcançados na obtenção do fator de escala pelos métodos descritos e colocar tais recursos à disposição dos potenciais usuários no Brasil, como um recurso adicional para seus trabalhos.

ABSTRACT

The calibration of Electronic Distance Meters (EDM) consists in the determination the zero bias, scale factor and elements of the systematic error. For such, are necessary three stages that involve field and laboratory operations. Those stages are: Determination of the zero bias (non coincidence between the mechanical and the electronic centers of the EDM); scale factor from (the frequency variation of the equipment); elements of the systematic error (amplitude and phase). There determinations are made respectively through: observations in a field base, such that available in the ambit of UFPR; determination of the scale factor in laboratory the determination of the systematic errors in a thermal controlled base. The present work approaches the determination of EDM scale factor in laboratory and its comparison with the obtained value in field. This error is directly related to the bias in frequency produced by the crystal that defines the wave modulation, that is used to determine the distance between the EDM and the reflector sign. The present study, not very explored in Brazil, intends to compare the scale factor obtained by the described methods, and to place such resources to the Brazilian users, as an additional tool.

Palavras Chaves: Calibração/Aferição, Medidor Eletrônico de Distância, Fator de Escala

1. INTRODUÇÃO:

O presente trabalho tem como objetivo determinar o erro provocado pela variação da frequência de medida dos MEDs utilizando métodos de laboratório e observações de campo.

Atualmente no Brasil somente a Universidade Federal do Paraná e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo estão aptas a realizar calibração destes instrumentos, porém baseando-se apenas em observações campo.

Segundo RUGÜER (1990) o fator de escala é progressivo podendo acrescentar um erro de 0,2ppm a

1ppm, nas distâncias, por ano de utilização do instrumento de medida. Tal fato, estimulou o início dos trabalhos no sentido de viabilizar uma metodologia para a determinação deste fator em laboratório, tendo em vista que a única instituição brasileira capaz de determinar a frequência é o Observatório Nacional, através do Laboratório Nacional de Metrologia, porém sem relacioná-la com o fator de escala.

A metodologia consiste em comparar a frequência nominal do equipamento, fornecida pelo fabricante e a frequência de medida, observada em laboratório através da utilização de equipamentos próprios como o Osciloscópio, Freqüencímetro e Fotodetector, os quais encontram-se disponíveis no Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica (LAIG). Já a determinação deste fator no campo baseia-se na observação sobre bases lineares Multipilares.

Para viabilizar o experimento, será necessário determinar a escala da base da fazenda Caungüiri, com um equipamento de alta precisão (TC2002), para posteriormente determinar-se o fator de escala de instrumentos de menor precisão. Este mesmo instrumento será submetido a calibração em laboratório. O fator de escala obtido, com observações de campo e laboratório, devem ser aproximadamente iguais.

2. ERROS NA MEDIDA ELETRÔNICA DE DISTÂNCIA:

Nas medidas eletrônicas de distância estão envolvidos os seguintes erros (CORDINI, 1991):

1. Erro na velocidade de propagação da onda eletromagnética;
2. Erro do índice de refração;
3. Erro provocado pela Influência das condições ambientais na onda portadora (Luz, Infravermelho);
4. Erro na medida da diferença de fase;
5. Erro na constante aditiva (Erro de zero);
6. Erro de fase ou erro cíclico;
7. Erro de frequência de modulação (tema deste seminário);

Tais erros são abordados, com propriedade em trabalhos escritos por diversos autores, tais como: (RÜEGER, 1977; GRIPP, 1986; KAHMEN & FAÍG, 1988; PACILÉO NETTO, 1990; RÜEGER, 1990; CORDINI, 1991).

No presente estudo será abordado apenas o erro provocado pela variação na frequência do sinal de medida.

2.1 – ERRO DE FREQUÊNCIA DE MODULAÇÃO:

A maioria dos erros de frequência, são causados por variações de temperatura e desgaste no cristal oscilador. Quase a totalidade dos distanciômetros de curta distância, trabalham com osciladores que têm compensador de temperatura do

tipo TCXO (temperature-compensated crystal oscillator), os quais garantem uma precisão de ± 1 ppm, quando trabalhando com temperaturas entre 0 e 50°, e uma precisão de ± 3 ppm quando trabalham em temperaturas de -20 a 50°. Nesse sistema, a compensação na temperatura é alcançada com um circuito usando capacitores sensíveis à temperatura, termistores e/ou resistores (RÜEGER, 1990).

Há mais dois outros tipos de compensadores, muito menos comuns, os OCXO (Oven-controlled crystal oscillator) e os do tipo RTXO (room temperature crystal oscillator), que garantem respectivamente maior e menor precisão que os distanciômetros que usam os TCXO como base de tempo.

Erros de frequência ocorrem principalmente por desgaste do cristal modulador do sinal de medida, provocando um acréscimo de 0,2 a 1 ppm, na distância medida, por ano de uso para distanciômetros que usam compensadores dos tipos TCXO e OCXO respectivamente (RÜEGER, 1982 e FRERKING, 1978). Os erros influenciados por temperatura, também podem ser muito significativos. Por estes motivos, faz-se necessária uma calibração periódica da frequência dos instrumentos.

3 - DETERMINAÇÃO DO FATOR DE ESCALA UTILIZANDO OBSERVAÇÕES DE CAMPO:

3.1 - A BASE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ:

Tendo em vista a necessidade de calibração dos instrumentos MED em intervalos regulares, devido às variações das constantes instrumentais com o tempo, ou também devido ao manuseio grosseiro do equipamento, construiu-se nas dependências da fazenda experimental da UFPR uma base linear multipilares constituída de sete pilares devidamente espaçados numa linha de projeção reta num plano horizontal, onde o afastamento entre seus extremos é de aproximadamente 800 m.

Para determinar o espaçamento entre os pilares que constituem a linha base, dois critérios foram seguidos (GRIPP, 1986), São eles:

a) A implantação dos pilares foi feita de forma a proporcionar uma boa distribuição das distâncias ao longo da metade do comprimento de onda de modulação básica dos principais MED.

b) Implantou-se os pilares de forma que haja pares de distâncias que diferem entre si, apenas um ciclo da curva do erro cíclico. Assim, se para os equipamentos a serem utilizados, este ciclo é 10 m, o que é o mais comum, deverá haver um número par de observações, existindo sempre duas que diferem entre si apenas de 5 m.

Para determinar o local de implantação da linha de base multipilares da UFPR seguiu-se os

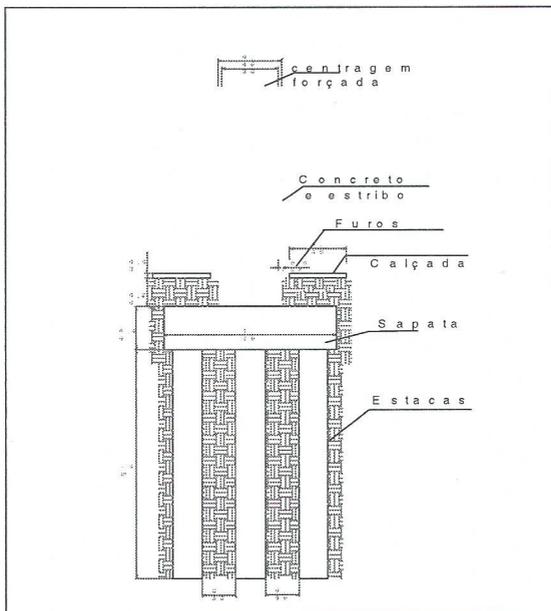
seguintes critérios citados por vários autores sobre o assunto, tal como RÜEGER (1977). São eles:

- a) O terreno deve ser plano ou ligeiramente côncavo para possibilitar a intervisibilidade entre os pilares;
 - b) a insolação da base deve ser a mesma durante todo o dia;
 - c) tanto quanto possível a vegetação deve ser rasteira ou de pequeno porte;
 - d) a orientação deve ser norte-sul, possibilitando leituras com ou sem sol;
 - e) localização de fácil acesso;
- de preferência orientar a linha base ao longo de um caminho para dar maior velocidade no transporte do refletor;
- g) o acesso não deve ser público para evitar, com isso atos de vandalismo.

Todos os critérios citados foram observados quando da implantação da base na UFPR. O local encontrado foi na Fazenda Experimental do Cangüiri na região metropolitana de Curitiba.

A estabilidade dos pilares é de fundamental importância, para tanto, com base em estudos geológicos da região, os mesmos foram construídos sobre uma sapata triangular apoiada em três estacas de 20 cm de diâmetro e comprimento aproximado de 4 m (Figura 01)

FIGURA 01 – Estrutura dos pilares



3.1.1- Implantação do Sistema de Centragem Forçada

O sistema de centragem forçada utilizado, quando da implantação da base, não mostrou-se muito eficiente tendo em vista a necessidade de centrar a base do teodolito com um pino, dotado de um nível esférico não muito preciso.

A dificuldade principal do sistema é manter a mesma vertical entre um posicionamento de equipamento e outro, isto representa perda de precisão na determinação das distâncias, logo deficiência na determinação dos parâmetros de Calibração.

Para sanar este problema, sem perder a origem já definida, desenvolveu-se uma novo base com um pino guia que encaixa-se perfeitamente no sistema chumbado nos pilares da base. Acoplado a esse pino guia, encontra-se uma peça de Alumínio com um parafuso, de rosca universal. Essa peça foi fixada nos pilares através de três parafusos, que estão afastados entre si de um ângulo de aproximadamente 120 graus, reproduzindo um sistema de calagem de um teodolito (Figura 02).

O sistema, descrito anteriormente, permite uma perfeita calagem da base quando da sua fixação no pilar. Desta forma, quando ocupa-se o mesmo com um instrumento e procede-se a calagem, esta é praticamente a mesma para todos os outros pilares, facilitando desta forma, a calibração dos instrumentos.

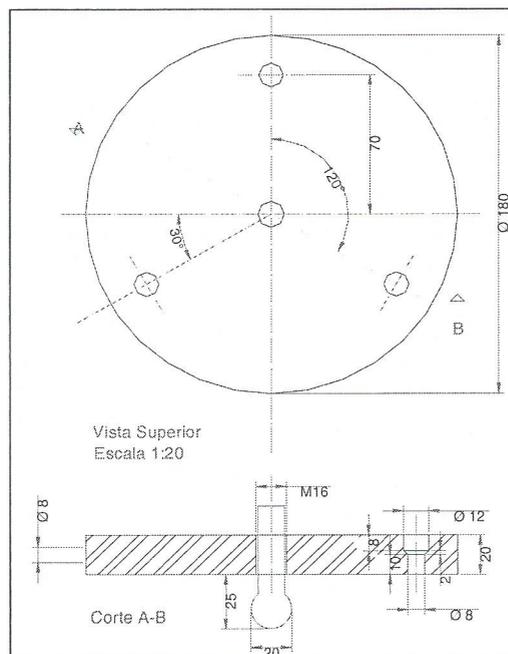


FIGURA 02 – Sistema de centragem Utilizado

3.1.2 - Determinação do desnível entre os Pilares:

O método utilizado para determinar o desnível entre os pilares foi o nivelamento geométrico de primeira ordem. Neste método, a diferença de nível entre dois pontos é determinada através da diferença de leituras feitas sobre réguas estacionadas nos pontos considerados, utilizando para isso uma luneta com eixo óptico horizontalizado. Esses equipamentos são denominados níveis de lunetas ou simplesmente níveis.

O equipamento utilizado neste trabalho foi o nível N3 da WILD, dotado de placa plano-paralela e

duas miras de invar WILD centimétricas compatíveis com o nível.

A obtenção do desnível entre os pilares foi com o propósito de horizontalizar as distâncias inclinadas obtidas com os MED.

3.1.2.1 - Procedimento de Campo:

Todas as prescrições do nivelamento geométrico de primeira ordem estabelecidas pela norma brasileira foram seguidas (IBGE 1983). Além disso, acrescentou-se alguns cuidados extras com o intuito de melhorar os resultados (DE FREITAS, et al,1996) .

a)Utilização de distâncias aproximadamente iguais entre as visadas de ré e vante, ou seja, com variação máxima de 1,5m.

b)O comprimento máximo entre das 25 m.

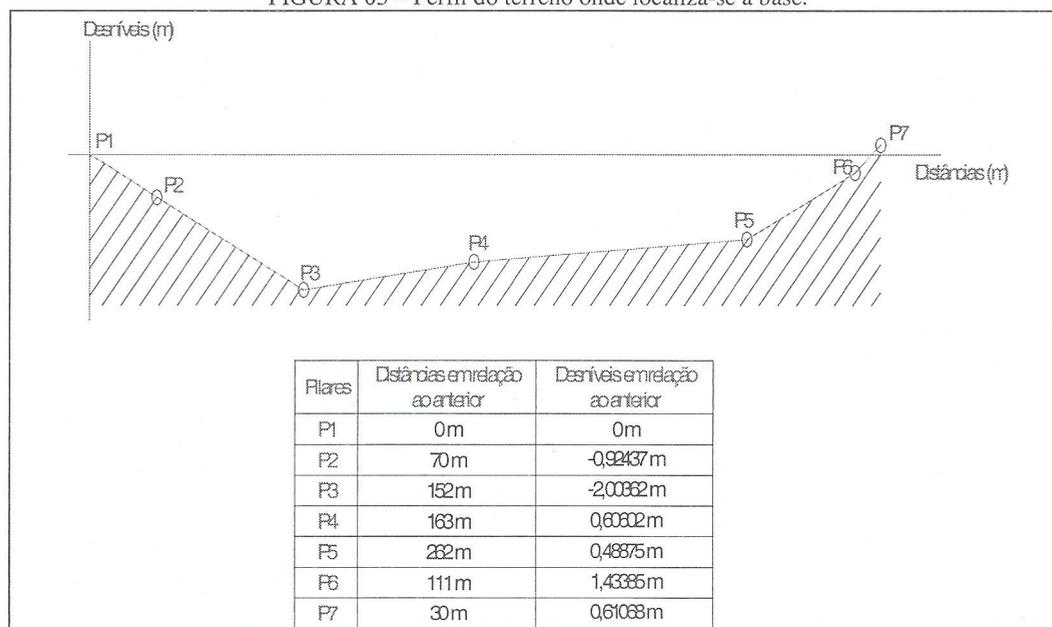
c)Lances pares entre Referências de Nível (RRNN).

A tabela 01 representa os desníveis médios obtidos entre os pilares e a figura 03 representa o perfil do terreno onde localiza-se a base.

TABELA 01 – Desníveis entre os pilares

Linha	P ₁ – P ₂	P ₂ – P ₃	P ₃ – P ₄	P ₄ – P ₅	P ₅ – P ₆	P ₆ – P ₇
Δh	-0,9244m	-2,0036m	0,6060m	0,4887m	1,4338m	0,6107m

FIGURA 03 – Perfil do terreno onde localiza-se a base.



3.2 – DETERMINAÇÃO DA ESCALA DA BASE:

A calibração de MED através de linhas base, pode ser realizado utilizando distância conhecida entre os pilares, ou seja, conhecendo a escala da base, e também sem o conhecimento destas distâncias. No caso da calibração sem o conhecimento da distância entre os pilares, somente é possível a determinação da constante aditiva ou erro de zero e uma estimativa das componentes do erro cíclico (RUGUER, 1977; GRIPP, 1986; PACILÉO NETTO, 1990; RÜGUER, 1990).

Como foi dito anteriormente, o objetivo deste trabalho é a determinação do fator de escala, assim sendo, nos deteremos a aspectos que envolvam bases lineares com escala conhecida.

Na determinação preliminar da escala da base, ou seja, considerando somente aspectos ¹lineares, utilizou-se uma estação total TC2002 WILD com precisão linear nominal de $\pm (1\text{mm} + 1\text{ppm})$ (WILD 2002, 1994).

As distâncias, consideradas padrão, é a média de um conjunto de observações que vem sendo realizadas desde 1996 em épocas diferentes do ano procurando sempre realizar as medidas nas mais diversas condições ambientais.

¹Na segunda fase do trabalho, será acrescentado dois pilares excêntricos a base linear. Tal artifício, possibilitará a obtenção da distância, entre os pilares, considerando também observações angulares e com isto identificar possíveis variações nos pilares utilizando Análise Multivariada.

3.2.1 – Correção das condições ambientais:

Em todas as campanhas repetiu-se o mesmo procedimento para a obtenção da temperatura, pressão e humidade.

Os equipamentos utilizados para obter a pressão, foram dois aneróides Paulim, e para a determinação da temperatura, e humidade relativa do ar foram utilizados dois psicômetros digitais modelo 5105, cujas características técnicas são as seguintes:

Amplitude de trabalho:

- humidade: 10 a 100 %;

- temperatura: -25 a + 60 °C

Resolução:

humidade: de 1% a 0,1 %;

temperatura: 0,1 °C

Precisão nominal:

humidade: ± 2%

temperatura: ± 0,5 °C

A repetibilidade na medida da pressão atmosférica com o Aneróide, foi testada no Laboratório de Aferição, utilizando uma coluna de mercúrio, cuja precisão nominal é de 0,1 mmHg.

A metodologia baseou-se em medir esses parâmetros, em intervalos regulares de 5 minutos, nos dois extremos da base ou seja, junto aos pilares 1 e 7. Aplicando essas informações, na equação 06 determina-se as correções em ppm (WILD 2002, 1994).

$$\Delta = 281,8 - \left[0,29065p + (1 + \alpha)t - 4,126 \cdot 10^{-4} \cdot h + (1 + \alpha) \cdot 10^x \right]$$

onde:

Δ = correção atmosférica (ppm)

p = pressão atmosférica (mb)

t = temperatura (°C)

h = humidade relativa do ar (%)

$\alpha = 1 / 273,16$

$x = (7,5 \cdot t / 237,3 + t) + 0,7857$

Desta forma determinou-se a correção para os instantes em que foram registrados os parâmetros ambientais, ou seja, de 5 em 5 minutos. Aplicando essas informações em um *software* adequado, gerou-se um polinômio de primeiro grau, cuja resposta é a correção, dos efeitos ambientais, em ppm para distâncias medidas em qualquer horário dentro do intervalo de observação das condições atmosféricas.

Os argumentos utilizados para gerar o polinômio foram a média das correções obtidas nos extremos e a dimensão da base. Com esse procedimento procurou-se determinar as correções com maior confiabilidade.

3.2.2 - Horizontalização das distâncias:

A horizontalização das distâncias é um processo bastante simples e conhecido. Embora a estação total TC2002 forneça o ângulo vertical com precisão nominal de 0,5", optou-se pela utilização do desnível entre os pilares tendo em vista que os mesmos foram obtidos com precisão de primeira ordem, ou seja, a baixo de 3mm/k, (k distância média entre o nivelamento e contra nivelamento), como foi visto no item 3.2.1.

3.2.3. Valores preliminares para a escala da base:

A superabundância de observações, na definição da escala, permitiu o ajustamento pelo método paramétrico, tendo em vista que é possível expressar os valores observados ajustados em função dos parâmetros ajustados (GEMAEL, 1994).

$$L_a = F(X_a)$$

Como o modelo é linear, não é necessário determinar os valores aproximados para os parâmetros, logo o valor ajustado é dado pela seguinte expressão.

$$AX^{(a)} = L_b + V$$

$$X^{(a)} = (A^T P A)^{-1} (A^T P L_b)$$

Onde:

A: Coeficiente dos elementos das equações de observação;

P: Matriz dos pesos;

L_b : Vetor dos valores observados;

$X^{(a)}$ = Vetor dos valores ajustados.

V : Resíduo;

A solução do sistema de equações obtido aplicando-se as observações na equação 09, é demonstrada com propriedades por Gemael (1994). Não é objetivo deste trabalho detalhar tal metodologia. Cabe apenas ressaltar que a matriz dos pesos foi considerada como matriz identidade, nesta primeira fase do trabalho.

Uma consequência do ajustamento é a matriz variância-covariância dos valores ajustados. Tal matriz será utilizada na determinação dos fatores de calibração como peso.

Na tabela 02 constam as distâncias padrão para a base da Fazenda Cangiüiri. Vale a pena lembrar que essas distâncias consideram apenas os aspectos lineares.

TABELA 02 – Escala da base da fazenda Cangüiri

PILARES	CAMPANHAS (M)				MÉDIA	σ (mm)
	01(96)	02(98)	03(98)	04(99)		
P1 – P2	70,869	70,868	70,868	70,867	70,868	0,200
P1 – P3	222,790	222,790	222,789	222,788	222,790	0,141
P1 – P4	385,845	385,848	385,847	385,844	385,847	0,250
P1 – P5	648,252	648,255	648,254	648,248	648,254	0,126
P1 – P6	759,681	759,685	759,683	759,678	759,684	0,258
P1 – P7	789,921	789,926	789,924	789,918	789,924	0,222
P2 – P3	151,920	151,921	151,920	151,919	151,921	0,126
P2 – P4	314,979	314,979	314,978	314,975	314,978	0,142
P2 – P5	577,382	577,387	577,385	577,380	577,385	0,245
P2 – P6	688,813	688,817	688,815	688,809	688,815	0,163
P2 – P7	719,052	719,057	719,055	719,050	719,057	0,289
P3 – P4	163,055	163,057	163,057	163,055	163,057	0,100
P3 – P5	425,461	425,464	425,463	425,460	425,464	0,250
P3 – P6	536,893	536,895	536,894	536,890	536,894	0,160
P3 – P7	567,130	567,135	567,133	567,130	567,133	0,259
P4 – P5	262,405	262,408	262,407	262,405	262,408	0,191
P4 – P6	373,836	373,839	373,838	373,835	373,838	0,096
P4 – P7	404,075	404,079	404,078	404,074	404,078	0,150
P5 – P6	111,429	111,432	111,432	111,430	111,432	0,216
P5 – P7	141,669	141,672	141,671	141,670	141,672	0,126
P6 – P7	30,240	30,241	30,241	30,241	30,242	0,050

3.3 – FORMULAÇÃO MATEMÁTICA APLICADA NA DETERMINAÇÃO DO FATOR DE ESCALA:

O modelo matemático aplicado para a determinação dos fatores de calibração de um MED, está muito bem descrito em (EMENIKE,1982; EMENIKE, 1982; GRIPP, 1986; PACILEO NETTO, 1990; RÜGUER, 1990). Como o objetivo do trabalho é determinar o fator de escala, é necessário tratar os erros nas medidas eletrônicas separadamente. Na primeira fase do ajustamento será determinado o Erro de Zero e o Fator de Escala. Os erros de observação juntamente com os elementos do erro cíclico, serão tratados na segunda fase deste trabalho.

Sendo assim o modelo matemático que será utilizado é:

$$D_{p_{ij}} - do_{ij} = V_{ij} + m \cdot do_{ij} + Z_0 \quad (01)$$

$$i = 1, 2, \dots, 6$$

$$j = 2, 3, \dots, 7, \text{ para } i < j \text{ e } i \neq j$$

onde:

m= Fator de Escala;

do_{ij} = Distâncias medidas com o equipamento que será calibrado;

Z₀ = Erro de Zero;

D_{p_{ij}} = Escala da Base;

V_{ij} = Resíduo.

Aplicando a equação 1, para i = 1 e j = 2 chega-se a seguinte equação para o primeiro intervalo.

$$D_{p_{12}} - do_{12} = V_{12} + m \cdot do_{12} + Z_0 \quad (02)$$

Sendo assim, para a configuração atual da base da UFPR, teremos um sistema com 21 equações a 2 incógnitas (Z₀ e m). O sistema de equações formado através da aplicação das observações na equação 08, foi resolvido aplicando o método paramétrico, da mesma forma que foi descrito no item 3.2.3. Tal solução, programada em linguagem FORTRAN, consta em (FAGGION, P. L.,1999)

4- DETERMINAÇÃO DO FATOR DE ESCALA UTILIZANDO OBSERVAÇÕES DE LABORATÓRIO:

4.1.CALIBRAÇÃO DA FREQUÊNCIA MODULADA:

A calibração em laboratório deve seguir uma metodologia bastante rigorosa, em ambiente com controle rigoroso das condições ambientais, além de equipamentos específicos, tais como:

- Osciloscópio;
- Frequencímetro e
- Fotodetector

O laboratório onde são feitas as observações, deve ser mantido numa temperatura específica durante

todo o teste. O MED deve estar ligado durante cerca de 60 minutos, em um tipo de medida específico (ex: tracking mode) e em operação contínua. A medida é feita da seguinte forma: O MED deve estar apontado para o fotodetector, de forma que este capte o sinal da onda portadora e envie-a ao osciloscópio, que mostrará o comportamento da onda e na seqüência enviará ao freqüencímetro, para que este, por sua vez, faça uma leitura exata da freqüência do equipamento em testes. Alguns equipamentos dispõem de uma medida automática de freqüência, como é o caso da Estação Total Wild TC2002, disponível no Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica (LAIG).

Tendo o valor real da freqüência (valor medido), faz-se uma relação com o valor nominal desta (valor fornecido pelo fabricante) e através da equação 03 é possível determinar a correção da variação da freqüência em ppm:

$$C = (f_{nom} - f_{med}) / f_{med} \quad (03)$$

ou ainda:

$$d_{corr} = d_{med} + [(f_{nom} - f_{med}) / f_{med}] \cdot d_{med} \quad (04)$$

d_{corr} : Distância corrigida do erro de escala;

f_{nom} : Freqüência nominal;

f_{med} : Freqüência medida;

d_{med} : Distância medida;

C : Correção dada em ppm.

4.2. CALIBRAÇÃO REALIZADA NO LAIG:

Para a calibração realizada com a Estação Total *Leica* TC403L, foram usados os seguintes equipamentos, (FIGURAS 4 e 5):

-FOTODETETOR C536 – THORN-EMI

-FREQUÊNCÍMETRO PM667

-OSCIOSCÓPIO PM3055 – PHILIPS

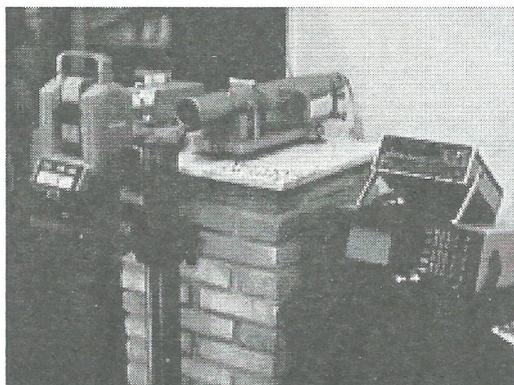


FIGURA-04 Conjunto de instrumentos utilizados no

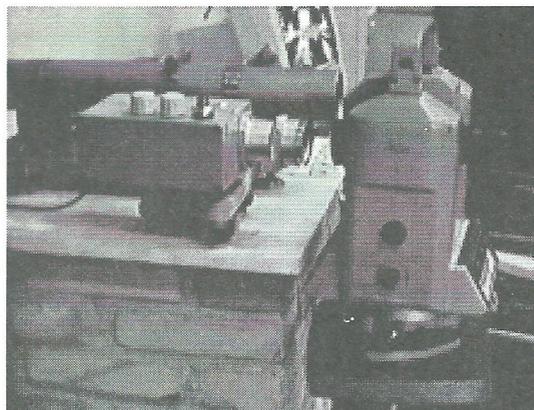


FIGURA-05 Detalhe do fotodetector.

5. RESULTADOS PRELIMINARES:

5.1. CAMPO:

Os experimentos de campo foram realizados com uma estação total TC403 *Leica*. As reduções das condições atmosféricas e a horizontalização da distância, obedeceram os mesmos critérios utilizados na determinação da escala da base.

As medições realizadas geraram um conjunto de dados que pode ser visto na tabela abaixo.

TABELA 03 – DISTÂNCIA ENTRE PILARES OBTIDAS COM A TC403L

PILARES	Distâncias (m)
P1 – P2	70,869
P1 – P3	222,790
P1 – P4	385,845
P1 – P5	648,249
P1 – P6	759,679
P1 – P7	789,921
P2 – P3	151,920
P2 – P4	314,976
P2 – P5	577,380
P2 – P6	688,810
P2 – P7	719,051
P3 – P4	163,055
P3 – P5	425,462
P3 – P6	536,891
P3 – P7	567,131
P4 – P5	262,405
P4 – P6	373,834
P4 – P7	404,075
P5 – P6	111,428
P5 – P7	141,668
P6 – P7	30,241

Resolvendo o sistema de equações gerado a partir das distâncias padrão e as distâncias medidas

com o equipamento sob calibração (TC403L), aplicadas na equação 11, chega-se aos seguintes valores para o Erro de Zero e Fator de Escala.

$$\text{Fator de Escala} = 5,56\text{ppm} \quad \sigma = 0,89 \text{ ppm}$$

$$\text{Erro de Zero} = 0,56 \text{ mm} \quad \sigma = 0,41\text{mm}$$

O resultado demonstra uma correção de 5,56 ppm, acima da precisão nominal do instrumento que é de (3mm + 3 ppm).

5.2. LABORATÓRIO

Após todos os procedimentos necessários, anteriormente descritos e uma estabilização da temperatura do laboratório em 21 C°, o resultado da frequência medida para a Estação Total Wild TC403L foi de 50,00056 MHz

Aplicando o valor nominal de 50 MHz e o valor medido de 50,00056MHz, na equação 13 do item anterior, chega-se ao seguinte valor para a correção:

$$C = (50 - 50,00056) / 50,00056, \quad \text{então:}$$

$$C = -11,4 \cdot 10^{-6}$$

ou

$$C = -11,4 \text{ ppm}$$

Agora utilizando a equação 14, para uma determinada distância por exemplo 1 km:

$$d_{\text{corr}} = 1000000 + [(50 - 50,00056) / 50,00056] \cdot 1000000$$

$$\text{ou } d_{\text{corr}} = 999988,60 \text{ mm} = 999,988 \text{ m}$$

O mesmo procedimento aplicou-se para a estação total TC2002, utilizada como padrão na determinação da escala da base. O valor obtido para a frequência, neste caso, foi de 49,99997 MHz. Aplicando respectivamente as equações 13 e 14, chega-se aos seguintes valores para a correção em ppm e para uma distância de 1000m corrigida.

$$C = 0,60 \text{ ppm e}$$

$$d_{\text{corr}} = 1000000,6 \text{ mm} = 1000,0006 \text{ m}$$

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

6.1 - CONCLUSÕES

O presente trabalho, encontra-se em fase inicial, com um pequeno número de observações, porém a metodologia mostrou-se eficiente evidenciando uma necessidade de aferição periódica dos instrumentos.

As pequenas variações encontradas nas distâncias entre pilares, sugere uma investigação mais profunda no sentido de se determinar tais valores com maior rigor, e mesmo verificar possíveis efeitos de recalque.

A determinação da frequência em laboratório exige um controle rigoroso das condições ambientais, bem como uma orientação bastante rigorosa entre o fotodetector e o instrumento de medida.

A diferença entre os valores fatores de escala determinados em laboratório e campo, para a TC403L, sugerem uma investigação mais aprofunda tendo em vista que tal fato não se repetiu para a estação total TC2002.

6.2. - RECOMENDAÇÕES:

Acrescentar dois pilares excêntricos a base da fazenda Cangüiri introduzindo, desta forma, observações angulares e os conceitos de Análise multivariada para detectar possíveis variações nas distâncias padrão (já em fase de execução).

Realizar mais testes na fazenda Camgüiri, com outros e com o mesmo equipamentos para determinar com maior segurança e também, verificar a repetibilidade dos fatores de calibração obtidos.

Realizar a calibração do freqüencímetro utilizado para a medida da frequência, uma vez que o mesmo não dispõe de tal documento

Implementar a nível de laboratório e campo a metodologia para a determinação das componentes do erro cíclico.

Realizar medidas entre os pilares com outros equipamentos de maior precisão.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORDINI, J., 1991. Determinação do erro cíclico em distanciômetros eletrônicos. Dissertação de mestrado, CPGCG, UFPR. 138p.

DE FREITAS, S. R. C.; MEDEIROS, Z. F. ; FAGGION, P. L.; JOHANSSON, A.; GONCHO, G. & MIRANDA, J.M.P., 1996. Otimização dos levantamentos altimétricos de precisão. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, 21-23 abril, Anais, v3, pp.: 479-488.

EMENIKE, E. N, 1982. On the Calibration of EDM instruments. Australian Surveyor, Sydney, V. 31 n. 03, Pag. 175 -185.

EMENIKE, E. N, 1982. A Simplified approach to Accurate EDM Instruments Calibration. Survey Review, London, V. 26, n. 204, Pag. 173 -178.

FAGGION, P. L. & DE FREITAS, S. R. C., 1996. Laboratório de Instrumentação Geodésica da Universidade Federal do Paraná. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil,

- Florianópolis, 21-23 abril, Anais, v3, pp.: 494-503.
- FAGGION, P. L., 1999. Determinação do fator de escala em Estações Totais e "MED" utilizando observações de campo Laboratório. Seminário II, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, 41p.
- FRERKING, M. E., 1978. Crystal oscillator design and temperature compensation. Van Nostrand-Reinhold, New York,.
- GEMAEL, C., 1995. Introdução ao Ajustamento de Observações: aplicações geodésicas. Editora UFPR, 319pp..
- GRIPP, J. Jr. 1986. Calibração de Distanciômetros Eletrônicos com medidas de campo: Curitiba, Curso de Pós-Graduação em Ciências Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR,.
- IBGE, *Resolução - PR n°22*, Boletim de serviço, Rio de Janeiro, RJ 1983.
- KAHMEN, H. FAÍG, W. 1988. Surveyng -New York: editora: de Gruyter, 578pp.
- PACILÉO NETTO, N., 1990. Calibração de medidores eletrônicos de distância, construção de uma base multipilar na USP e metodologia de aferição. Tese de doutorado, E.POLI/USP, 186p..
- RÜEGER, J.M., 1977. Designe and use of base lines for the calibration of EDM-Instruments, Australian Survey Congress, Darwin. Australian.
- RÜEGER, J.M., 1982. Quartz crystal oscillator and their effects on the scale stability and standardization of eletronic distance meters, Unisurv Report S-22, Scholl of Surveying, University of New South Wales, Sidnei, Australia,.
- RÜEGER, J. M., 1990. Electronic Distance Measurement. 3th ed., Springer-Verlag, Berlin. 266p..
- WILD TC2002, 1994. User manual. Heerbrugg, Suiza,