

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO DESENVOLVIDO  
ATRAVÉS DO MÉTODO DAS EQUAÇÕES DE  
OBSERVAÇÃO E COM ANÁLISE  
ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-  
Graduação em Ciências Geodésicas para  
obtenção do Grau de Mestre em Ciências  
Geodésicas pela Universidade Federal do  
Paraná.

CURITIBA  
1989

**AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DO  
MÉTODO DAS EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO E COM ANÁLISE  
ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS**

por

**GILBERTO PESSANHA RIBEIRO, Eng<sup>o</sup> Cartógrafo**

Dissertação aprovada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre no Curso  
de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas,  
pela comissão formada pelos professores:

**ORIENTADOR:** -----

**Dr. Camil Gemael**

**CO-ORIENTADOR:** -----

**Ms.C. Jair Mendes Marques**

-----

**Dr. José Bittencourt de Andrade**

Curitiba, 28 de julho de 1989.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a:

Ilza

Osmane

Maria Rosane

Verônica

Henrique

Rosilane Maria

e aos outros amigos que sempre me  
incentivaram a traçar e alcançar meus  
objetivos com perseverança e determinação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço às pessoas e instituições que colaboraram, de alguma forma, para a elaboração deste trabalho:

Universidade Federal do Paraná

Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Ensino Superior

Camil Gemael, Dr.

Jair Mendes Marques, Ms.C.

Wanda Cristina Camargo de Menezes, Ms.C.

Vania de Oliveira Nagem, Eng<sup>o</sup> Cart.

Sonia Maria Alves Costa, Ms.C.

Livio Jorge Alarma Zunino, Ms.C.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Mauro Pereira de Mello, Ms.C.

José Duarte Correia, Eng<sup>o</sup> Cart.

Luiz Paulo Souto Fortes, Eng<sup>o</sup> Cart.

Roberto Teixeira Luz, Téc. em Geodésia e Cartografia

Maria Cristina Barboza Lobianco, Eng<sup>o</sup> Cart.

Ida da Silva Costa, Prepar. de dados

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
RESUMO .....	xiii
SUMMARY .....	xiv

### CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO .....	1
------------------	---

### CAPÍTULO II

CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	3
------------------------------	---

### CAPÍTULO III

#### AS CORREÇÕES PARA ELIMINAÇÃO DE ERROS SISTEMÁTICOS

3. CORREÇÕES A SEREM APLICADAS ÀS OBSERVAÇÕES DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DE ALTA PRECISÃO .....	8
3.1. CORREÇÃO ORTOMÉTRICA (CORREÇÃO DE NÃO PARALELISMO DAS SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS) .....	8
3.2. CORREÇÃO ASTRONÔMICA (CORREÇÃO DE MARÉS TERRESTRES) .....	13
3.3. CORREÇÃO DE REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA .....	21

## **CAPÍTULO IV**

### **O TRATAMENTO INICIAL DOS DADOS**

<b>4. A ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA PARA O AJUSTAMENTO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. O PRÉ PROCESSAMENTO DOS DADOS RELATIVOS às OBSERVAÇÕES QUE COMPÕEM AS INFORMAÇÕES DE CADERNETA DE CAMPO EM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. A CRÍTICA E O REFINAMENTO DOS DADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3. CUIDADOS NA CRIAÇÃO DO ARQUIVO DE LEITURA DE DADOS .....</b>	<b>32</b>

## **CAPÍTULO V**

### **O AJUSTAMENTO E A ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS**

<b>5. O AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO ATRAVÉS DO MÉTODO DAS EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO (MÉTODO PARAMÉTRICO OU DAS OBSERVAÇÕES INDIRETAS) .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1. VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PARAMÉTRICO SOBRE O MÉTODO DOS CORRELATOS .....</b>	<b>34</b>
<b>5.2. CÁLCULO MATRICIAL PARA O CASO DO MODELO MATEMÁTICO LINEAR .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3. AS MATRIZES VARIÂNCIA-COVARIÂNCIA APÓS O AJUSTAMENTO E A MATRIZ DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES .....</b>	<b>45</b>

5.4. TESTES QUI-QUADRADO DE HIPÓTESES PARA INFERÊNCIAS ESTATÍSTICAS .....	48
5.4.1. TESTE PARA UMA VARIÂNCIA POPULACIONAL $\sigma_0^2$ .....	48
5.4.2. TESTE PARA ADEQUAÇÃO DE UM AJUSTAMENTO .....	55
5.5. A ANÁLISE DOS RESÍDUOS E OS RESÍDUOS NORMALIZADOS .	62
5.6. O PROBLEMA DE ATRIBUIÇÃO DE PESOS ÀS OBSERVAÇÕES DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO .....	73
5.7. SITUAÇÕES QUE PODEM OCORRER AO AJUSTAMENTO EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA DA REDE ALTIMÉTRICA A SER AJUSTADA .....	78
5.8. INTRODUÇÃO DE NOVAS OBSERVAÇÕES NO PROCESSO DE CÁLCULO DO AJUSTAMENTO .....	82
5.9. AS INJUNÇÕES NO AJUSTAMENTO E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE UMA REDE ALTIMÉTRICA .....	87

## CAPÍTULO VI

DIAGRAMA DE BLOCOS E DESCRIÇÃO DO PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	92
--	----

## CAPÍTULO VII

CUIDADOS COM A MANUTENÇÃO DE UMA REDE ALTIMÉTRICA DE ALTA PRECISÃO E O FATOR TEMPO ENTRE AS OBSERVAÇÕES .....	101
---	-----

## CAPÍTULO VIII

<b>A GRAVIMETRIA E O NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DE ALTA PRECISÃO .....</b>	<b>104</b>
--	------------

**CAPÍTULO IX**

**UMA METODOLOGIA PARTICULAR PARA UM AJUSTAMENTO  
PRELIMINAR**

<b>9. UMA SOLUÇÃO PARA O CASO DE AJUSTAMENTO DE GRANDES REDES ALTIMÉTRICAS .....</b>	<b>113</b>
<b>9.1. AJUSTAMENTO PRELIMINAR DE CIRCUITOS PRINCIPAIS (MACROCIRCUITOS) .....</b>	<b>113</b>
<b>9.2. AJUSTAMENTO DE CIRCUITOS INTERNOS AOS MACROCIRCUITOS .....</b>	<b>128</b>

**CAPÍTULO X**

<b>COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>132</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>240</b>

## LISTA DE TABELAS

1	Precisões das linhas de nivelamento (Tolerância de $4 \text{ mm } \sqrt{k}$ ) da rede parcial dos Estados Unidos .....	31
2	Razões entre erros de fechamento e perímetros dos circuitos ou linhas fechadas da rede parcial dos Estados Unidos (Tolerância de $0,5 \text{ mm/km}$ ) .....	32
3	Situações de um teste de hipóteses estatísticas .....	50
4	Valores $\chi^2$ calculados e tabelados para as amostras para o teste de adequação dos ajustamentos .....	58
5	Tabela de distribuição de frequências para o teste de adequação do ajustamento da rede parcial dos Estados Unidos .....	59
6	Tabela de distribuição de frequências para o teste de adequação do ajustamento dos circuitos principais do Ajustamento Altimétrico Global Preliminar (A.A.G.P.) da Rede de Controle Vertical de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro (R.C.V.A.P.S.G.B.) .....	60
7	Resíduos normalizados da rede parcial dos Estados Unidos .....	68
8	Frequências por intervalos de classe da rede parcial dos Estados Unidos .....	67
9	Injunções para os ajustamentos teste da rede parcial dos Estados Unidos .....	88
10	Altitudes ajustadas para os ajustamentos teste da rede parcial dos Estados Unidos .....	89

11	Diferenças entre as altitudes ajustadas geradas pelos ajustamentos teste da rede parcial dos Estados Unidos .....	90
12	Lista de observações dos macrocircuitos do A.A.G.P. da R.C.V.A.P.S.G.B. ....	119
13	Lista de desníveis ajustados e seus desvios-padrão e dos resíduos do A.A.G.P. da R.C.V.A.P.S.G.B. ....	121
14	Lista de altitudes ajustadas preliminares e seus desvios-padrão das referências de nível da R.C.V.A.P.S.G.B. ....	123
15	Número de observações ajustadas e rejeitadas, por macrocircuito, da R.C.V.A.P.S.G.B. ....	124

## LISTA DE FIGURAS

1	Definição de altitude ortométrica normal .....	5
2	Verticais das estações instrumentais em nivelamento geométrico.....	6
3	Não paralelismo das superfícies equipotenciais .....	12
4	Efeito da maré sobre uma diferença de altitude nivelada .....	15
5	Componentes horizontal e vertical da força de maré e ângulo de inclinação da maré de uma superfície equipotencial .....	17
6	Rede altimétrica e seus elementos principais .....	25
7	Erros de fechamento e perímetros de circuitos e ramais fechados da rede parcial dos Estados Unidos .	30
8	Numeração das linhas e ramais da rede parcial dos Estados Unidos .....	37
9	Teste de hipóteses estatísticas, para uma variância populacional, com base na distribuição de Qui-quadrado .....	53
10	Gráfico da distribuição Qui-quadrado com três graus de liberdade quando a hipótese básica é verdadeira .....	56
11	Gráfico da distribuição Qui-quadrado com dois graus de liberdade mostrando as áreas críticas de 5% .....	61
12	Gráfico da distribuição Qui-quadrado com quatro graus de liberdade mostrando as áreas críticas de 5% .	61

13	Histograma e polígono de frequências dos resíduos normalizados da rede parcial dos Estados Unidos .....	67
14	Rede altimétrica exemplo para o ajustamento seqüencial .....	81
15	Sistema de superfícies geopotenciais e linhas de prumo .....	108
16	Diferenças de altitudes observadas a partir de operações de campo em nivelamento geométrico .....	109
17	Caminhos percorridos nas operações de campo em nivelamento geométrico .....	112
18	Rede altimétrica composta de circuitos principais (macrocircuitos) da Rede de Controle Vertical de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro (R.C.V.A.P.S.G.B.) .....	116
19	Erros de fechamento e perímetros dos macrocircuitos da R.C.V.A.P.S.G.B. ....	117
20	Numeração das linhas e ramais e precisões dos macrocircuitos da R.C.V.A.P.S.G.B. ....	126
21	Desvios-padrão das altitudes ajustadas das referências de nível principais da R.C.V.A.P.S.G.B. através de isolinhas de precisão e estações maregrá- ficas onde foram feitas observações do nível do mar para obtenção de níveis médios regionais .....	127

## RESUMO

É apresentada uma metodologia para o ajustamento de redes de controle vertical de alta precisão, através do método das equações de observação, com análise estatística dos resultados, utilizando histograma de resíduos normalizados e com testes de hipóteses de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), com base na distribuição normal. São feitos ajustamentos teste com duas redes altimétricas: uma delas é parte da rede dos Estados Unidos, ajustada pelo Coast and Geodetic Survey (National Oceanic and Atmospheric Administration) daquele país, e a outra representa um caso real do Ajustamento Altimétrico Global Preliminar da Rede de Controle Vertical de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro, ajustada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os erros acidentais são avaliados, assim como os erros sistemáticos, através de histogramas e são analisadas as isolinhas de precisão com base nos desvios-padrão das altitudes ajustadas.

## SUMMARY

A methodology to the adjustment of high precision vertical control networks through observations equations method, with statistical analysis of results, using standard residuals histogram and with Chi-square ( $\chi^2$ ) hypothesis tests based in normal distribution is presented. Adjustments are made with two levelling networks: one is part of United States levelling net, adjusted by Coast and Geodetic Survey (National Oceanic and Atmospheric Administration), and the other is a real case of Preliminar Global Altimetric Adjustment of High Precision Vertical Control Network of Brazilian Geodetic System, adjusted by Brazilian Institute Foundation of Geography and Statistic. The randomic errors are evaluated as well as the sistematic errors are analysed by means of histograms and the isolines of precision based in standard deviations of adjusted heights are analysed.

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

O ajustamento de redes altimétricas é, aparentemente, um problema de simples solução quando se adota um método eficiente de ajustamento. Entretanto, implicações deste ajustamento são muitas e requerem um cuidado muito especial no que tange aos dados a serem processados e os resultados a que se pretende obter no final dos trabalhos.

Verifica-se, portanto, que não só deve-se empregar uma metodologia de cálculo e tratamento dos dados iniciais ótima, como também fazer um levantamento detalhado dos recursos disponíveis e ambiente computacional, para se desenvolver as tarefas e ajustar redes altimétricas, trabalhando com dados de nivelamento geométrico de alta precisão. Este nivelamento é definido como sendo aquele em que as observações de campo são feitas com instrumentos que permitam a obtenção de desníveis dos lances de nivelamento com desvio-padrão de 0,1 mm e que satisfaçam as condições encontradas em [7].

É apresentada neste trabalho uma metodologia particular para a solução do problema deste ajustamento e análises alternativas possíveis de serem desenvolvidas com os resultados obtidos.

Foram feitos, basicamente, ajustamentos com duas redes altimétricas e, nestes casos, foram analisados os resultados

obtidos, assim como, foram feitos testes de hipóteses estatísticas através da distribuição de Qui-quadrado. A primeira rede altimétrica (Figura 7) pertence à rede total dos Estados Unidos e foi ajustada pelo Coast and Geodetic Survey, e a segunda rede exemplo (Figura 18) é composta dos circuitos principais, denominados macrocircuitos, da Rede de Controle Vertical de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro (R.C.V.A.P.S.G.B.) e foi ajustada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (I.B.G.E.).

Os erros existentes no nivelamento geométrico podem ser classificados em: erros grosseiros, erros sistemáticos e erros acidentais, também chamados randômicos ou aleatórios. Para se ajustar um conjunto de dados desta natureza devem ser eliminados os erros grosseiros das observações das cadernetas de campo e os erros sistemáticos devem ser modelados matematicamente através de correções a serem aplicadas aos desníveis observados dos lances e das seções de nivelamento. Os erros acidentais são de difícil controle, mas sabe-se que tendem a se anular quando aumenta-se o número de observações de uma amostra, e podem ser analisados, em geral, após o ajustamento de uma rede, através de histogramas e tabelas de frequências. Este assunto será tema de discussão posteriormente.

## CAPÍTULO II

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta dissertação tem como objetivo apresentar uma metodologia para o ajustamento de uma rede altimétrica de alta precisão, incluindo também as fases de pré-processamento dos dados e de análise dos resultados através de recursos estatísticos.

Os dados primários são considerados como sendo os desníveis observados dos lances de nivelamento e os dados secundários como sendo os desníveis observados das seções de nivelamento após aplicadas algumas correções. Estas correções são: correção ortométrica e correção astronômica. A correção para eliminação do efeito da refração atmosférica deve ser aplicada aos desníveis de cada lance de uma linha de nivelamento [2].

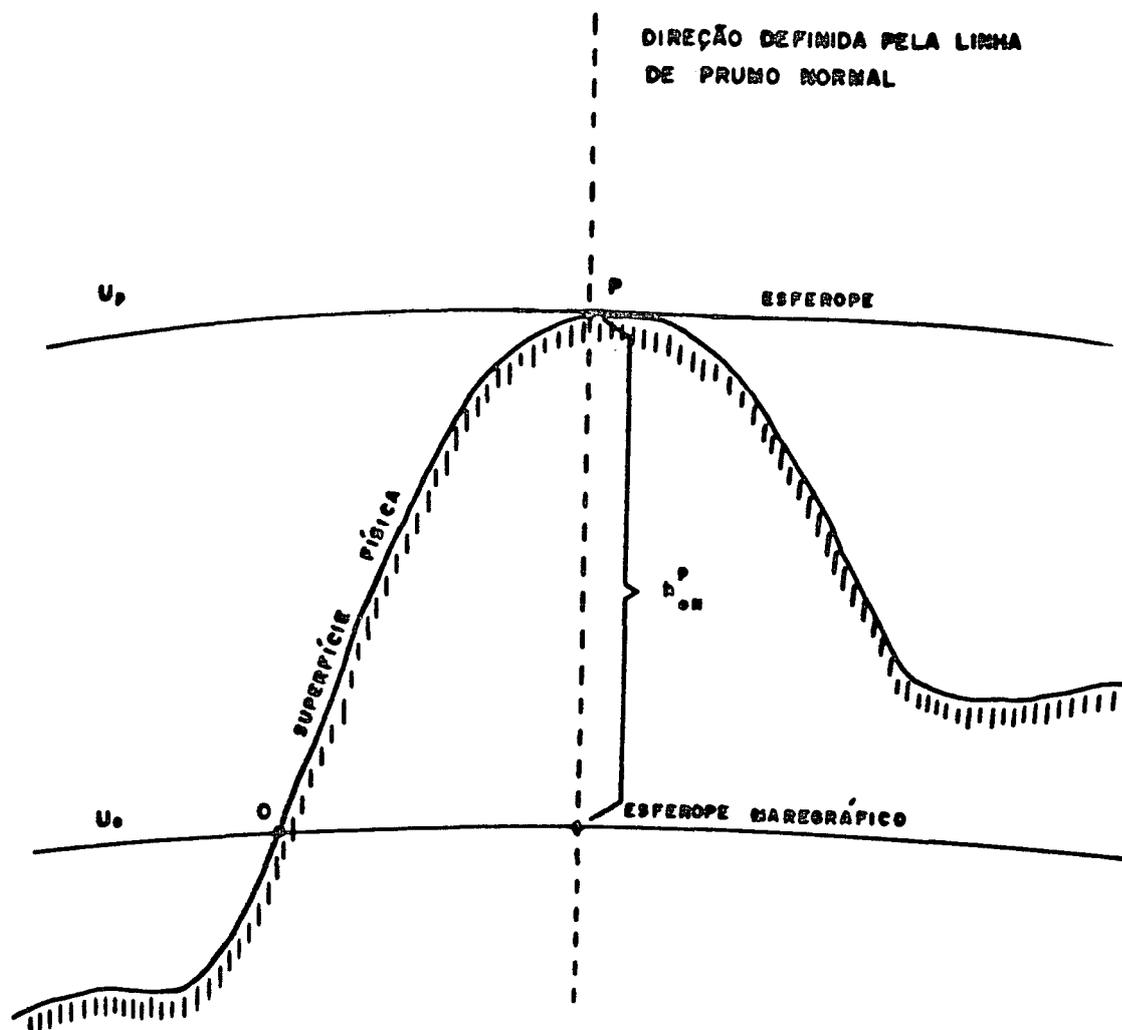
Nos ensaios, com o programa em linguagem FORTRAN IV para os ajustamentos, foram feitos testes em uma rede altimétrica que é parte da rede dos Estados Unidos e em outra representando um caso real brasileiro da rede de circuitos principais contendo dados de nivelamento geométrico de alta precisão do Sistema Geodésico Brasileiro.

O sistema de altitudes, proposto por F. R. Helmert, onde são definidas as altitudes ortométricas normais, é adotado aqui neste trabalho [4]. A coordenada neste referencial é a altitude ortométrica normal, geometricamente corresponde à

distância medida ao longo da linha de prumo do campo normal, entre o esferope passante pelo ponto sobre a superfície física terrestre e o esferope maregráfico, conforme mostrado a seguir na figura 1.

Sabe-se que, nos trabalhos de campo, são obtidos desníveis medidos ao longo de verticais distintas, passantes pelos pontos estação da mira. O nível define outra vertical passante pelo ponto-estação do instrumento (Figura 2).

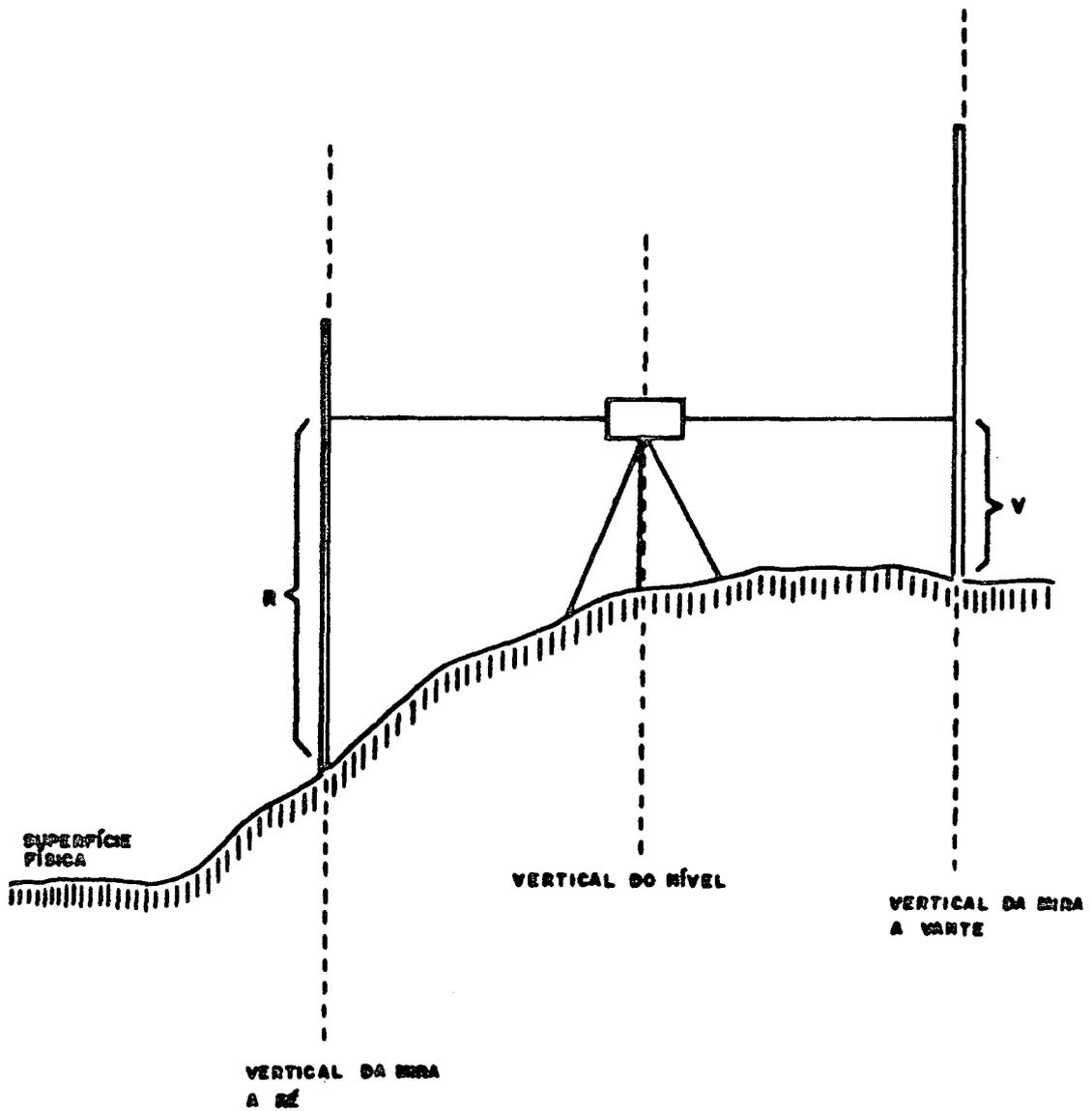
FIGURA 1 : DEFINIÇÃO DE ALTIITUDE ORTOMÉTRICA NORMAL



ONDE :

- $U_p$  - POTENCIAL DO ESFEROPE QUE PASSA PELO PONTO P
- $U_o$  - POTENCIAL DO ESFEROPE QUE PASSA PELO PONTO O
- $h_{on}^o$  - ALTIITUDE ORTOMÉTRICA NORMAL DO PONTO P

**FIGURA 2 : VERTICAIS DAS ESTAÇÕES INSTRUMENTAIS EM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**



**ONDE :**

**R - DISTÂNCIA MEDIDA NA MIRA A RÉ**

**V - DISTÂNCIA MEDIDA NA MIRA A VANTE**

Como nos trabalhos de campo de nivelamento geométrico, de modo geral, não há observações gravimétricas para se obter os números geopotenciais que gerarão altitudes ortométricas da Terra real, faz-se uma aproximação confundindo-se a vertical com a normal nos pontos sobre a superfície terrestre.

Desta maneira, surgem, então, as altitudes ortométricas normais que serão adotadas aqui nesta dissertação.

## **CAPÍTULO III**

### **AS CORREÇÕES PARA ELIMINAÇÃO DE ERROS SISTEMÁTICOS**

#### **3. CORREÇÕES A SEREM APLICADAS ÀS OBSERVAÇÕES DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DE ALTA PRECISÃO**

As correções a seguir apresentadas são aquelas que devem ser aplicadas aos desníveis observados quando trata-se de nivelamento geométrico de alta precisão, a fim de se minimizar os erros sistemáticos através de modelos matemáticos específicos [2].

Se, ao se executar os trabalhos de campo de coleta de dados, for feito um trabalho em conjunto com observações gravimétricas, não haveria necessidade de se preocupar com o cálculo de uma das correções, a correção ortométrica, pois, desta forma, o não paralelismo das superfícies equipotenciais não tornar-se-ia um fato nocivo a estas observações.

A correção ortométrica, a correção astronômica e a correção da refração atmosférica serão agora apresentadas e comentadas.

##### **3.1. CORREÇÃO ORTOMÉTRICA (CORREÇÃO DE NÃO PARELELISMO DAS SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS)**

A seguinte fórmula é usada para se calcular a correção

ortométrica aproximada (baseada no campo da gravidade normal) para uma diferença de altitude observada de uma seção, empregada pelo U. S. Department of Commerce (National Oceanic and Atmospheric Administration), e também recomendada por [16].

$$C_o = -2 H_m c_1 \text{sen} 2l_m [1 + (c_1 - 2c_2/c_1)(\text{cos} 2l_m)] dl \quad (3.1.)$$

Onde:

$H_m$  : altitude média da seção

$c_1 = 0,002636$  (W.G.S.84)

$c_2 = 0,000002$  (W.G.S.84)

$l_m$  : latitude média da seção

$dl$  : diferença de latitudes entre os pontos início e fim da seção ( $dl > 0$  quando o ponto fim está ao norte do ponto início da seção), para qualquer hemisfério, em radianos.

Os parâmetros  $c_1$  e  $c_2$ , provenientes da fórmula para o cálculo da gravidade normal terrestre, foram calculados para o Sistema Geodésico Mundial de 1984, W.G.S.84, a partir das expressões da gravidade teórica (normal), para a latitude de 45 graus.

A unidade da correção ortométrica é a mesma unidade da altitude média da seção. Ela deve ser aplicada à diferença de altitude observada da seção (altitude do ponto fim menos a altitude do ponto início). A aplicação desta correção não é necessária quando os números geopotenciais são usados nos cálculos.

Outra fórmula para o cálculo da correção é a seguinte [4]:

$$C_o = - \frac{H_m (c_B \operatorname{sen} 2l_m + 2c_A \operatorname{sen} 4l_m) dl}{(1 + c_B \operatorname{sen}^2 l_m + c_A \operatorname{sen}^2 2l_m)} \quad (3.2.)$$

Onde:

$H_m$  : altitude média da seção

$l_m$  : latitude média da seção

$dl$  : diferença de latitudes entre os extremos da seção

$c_B, c_A$  : coeficientes determinados para o campo de gravidade normal

$$c_B = 0,0053023655$$

$$c_A = - 0,0000059$$

Esta fórmula, apresentada de forma simplificada, pode também ser empregada para o cálculo da correção.

No anexo 2 podem ser encontrados fatores multiplicativos  $C_1$  para o cálculo da correção ortométrica, tabelados em função da latitude média da seção de nivelamento, para o caso do nosso país, com latitudes médias variando de zero a -35 graus. O território brasileiro se estende a latitudes positivas (Hemisfério Norte) até 4 graus, mas a correção é, em valor absoluto, igual para os dois hemisférios. Quando empregados estes fatores no cálculo deve-se seguir a seguinte expressão:

$$C_o = - C_1 H_m dl \quad (3.3.)$$

Onde:

$C_1$  : fator multiplicativo (tabelado)

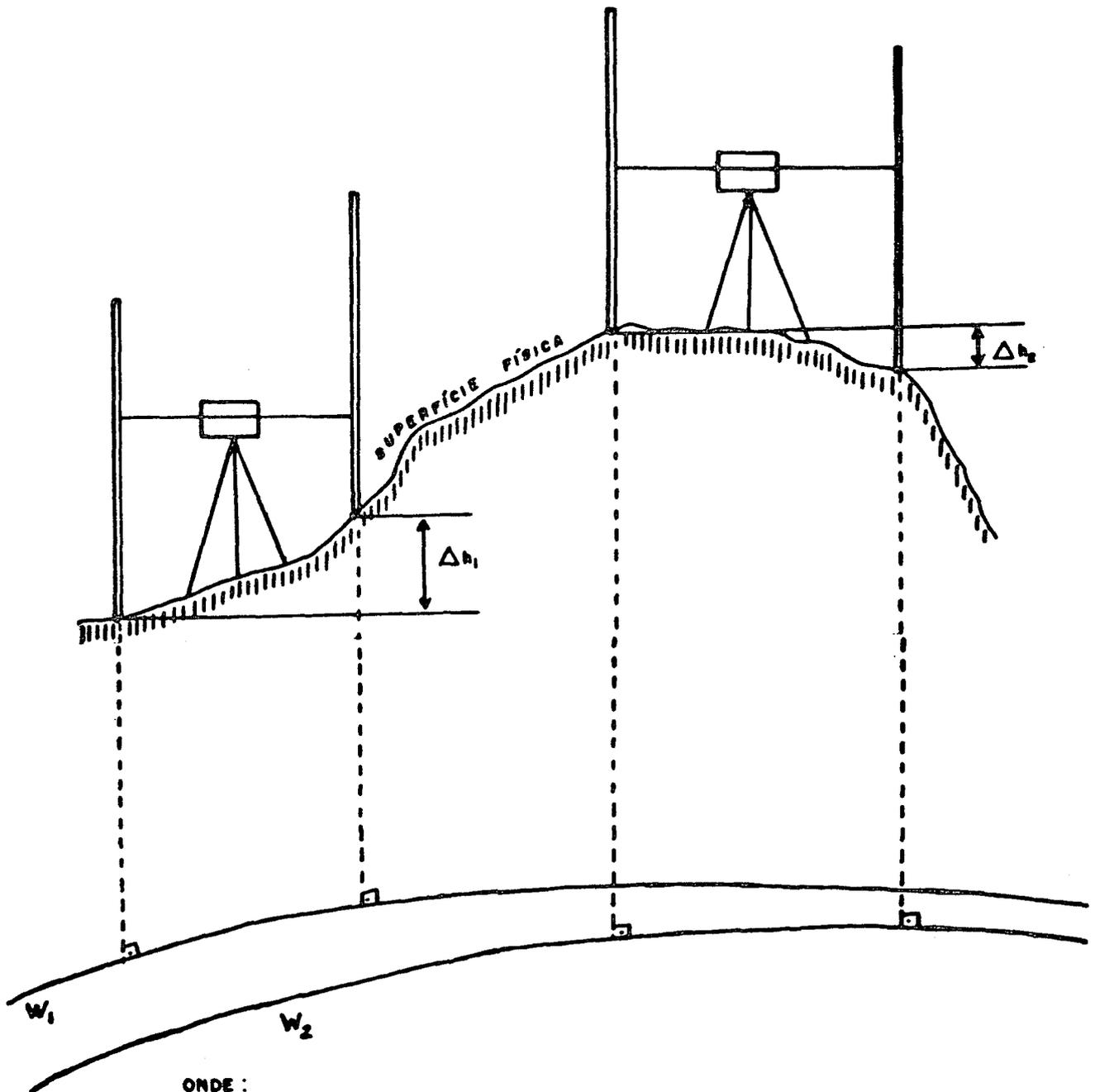
$H_m$  : altitude média da seção

$d_l$  : diferença de latitudes entre os extremos da seção

Sabe-se, portanto, que esta correção está associada ao campo da gravidade normal e que, quando é utilizada nos cálculos, pretende-se minimizar o erro que se comete em nivelamento relativo ao não paralelismo das superfícies equipotenciais (Figura 3).

A correção ortométrica pode ser considerada como um paliativo para o problema, pois a solução, para se obter altitudes científicas, é dada quando são empregados os números geopotenciais.

FIGURA 3 : NÃO PARALELISMO DAS SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS



ONDE :

$W_1$  - POTENCIAL DO GEOPE RELATIVO AO DESNÍVEL  $\Delta h_1$

$W_2$  - POTENCIAL DO GEOPE RELATIVO AO DESNÍVEL  $\Delta h_2$

### 3.2. CORREÇÃO ASTRONÔMICA (CORREÇÃO DE MARÉS TERRESTRES)

A correção astronômica deve ser aplicada para se eliminar o efeito das acelerações da maré devido ao Sol e à Lua sobre as superfícies equipotenciais terrestres, isto é, o efeito das deformações geométricas impostas às superfícies de nível pela atração luni-solar. A correção astronômica é relativamente pequena, atingindo, no máximo, 0,1 mm/km, mas acumula-se na direção norte-sul. Por exemplo, a correção astronômica acumulada máxima, nos Estados Unidos, entre Spokane, Washington, e San Diego, Califórnia, é de 7 cm. Do Alasca (E.U.A.) ao Panamá a correção acumulada é de 15 cm [2]. Não é, freqüentemente, necessária a aplicação da correção astronômica a levantamentos locais de nivelamento, mas deve ser empregada para redes extensas, nacionais ou continentais, como o caso da R.C.V.A.P.S.G.B..

Antigamente a correção astronômica era de difícil cálculo porque, para isso, são requeridos as distâncias zenitais e os azimutes do Sol e da Lua para uma determinada época. Hoje há a facilidade de se calcular tais elementos através de uma subrotina computacional. Os dados de entrada necessários para a correção são: a hora e a data das medições, altitudes aproximadas das referências de nível e as posições geodésicas, também aproximadas, das referências de nível de partida e de chegada (latitudes e longitudes). Ela é aplicada separadamente para as visadas a vante e a ré sobre a mesma linha de nivelamento, desde que cada visada seja observada em ins-

tantes diferentes. A correção astronômica deve ser aplicada duas vezes em cada seção: no nivelamento e no contra-nivelamento [9].

A figura 4 mostra um lance de nivelamento geométrico com um nível de luneta que, uma vez retificado e com as "bolhas caladas", tem a sua linha de visada horizontalizada, isto é, tangente à superfície equipotencial (geope) do campo da gravidade passante pelo nível. A intersecção da linha de visada, com as miras de invar graduadas, proporciona as leituras a vante e a ré cuja diferença corresponde ao desnível entre as estações 1 e 2 [11].

Na figura 4 considerando a presença de um astro perturbador a ré (por exemplo: a Lua) M, inicialmente, para simplificação, situado no plano vertical que contém a linha de visada. A força de maré exercida pela massa do astro, "perturba" a vertical, passante pelo nível, acarretando uma nova linha de visada. Sendo assim, as leituras sobre as miras também são "perturbadas" gerando um novo desnível.

Considerando  $C_R = \delta R_T$  e  $C_U = \delta U_T$ , e também:

$h, K$  : Primeiro e segundo números de Love

$W$  : Potencial para uma Terra teórica rígida

$W_w$  : Potencial para uma Terra perturbada

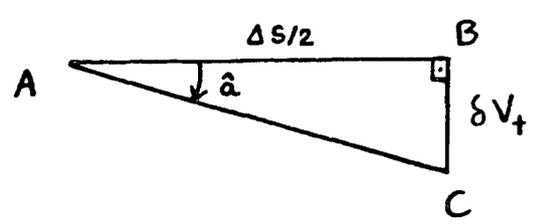
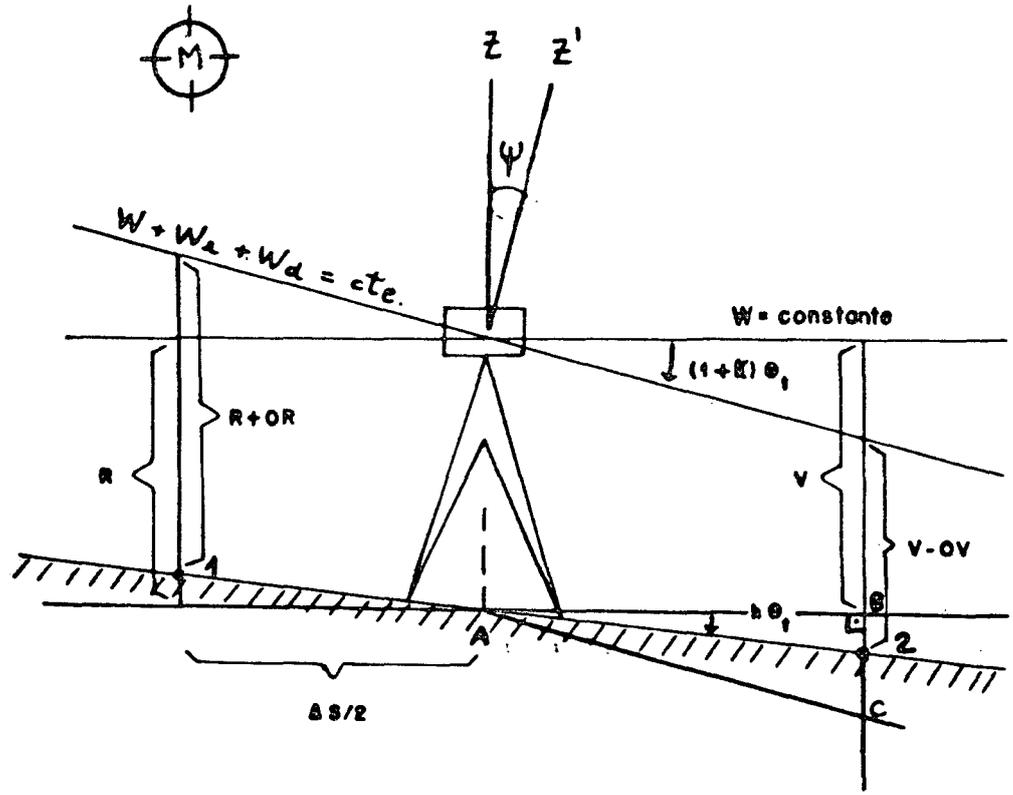
$W_d$  : Potencial de deformação terrestre

$\psi$  : Ângulo entre a vertical e a vertical perturbada

FIGURA 4 : EFEITO DA MARÉ SOBRE UMA DIFERENÇA DE ALTITUDE NIVELADA

$$\delta V_t = -\delta R_t = \gamma \theta_t \frac{\Delta S}{2}$$

$$\gamma = (1 + k - h)$$



$$\hat{a} = (1 + h) \theta_t + h \theta_t$$

$$\delta V_t = \text{tg}(\hat{a}) \cdot \frac{\Delta S}{2}$$

$$\delta V_t \approx (\hat{a})_{\text{rad}} \frac{\Delta S}{2}$$

As correções a serem aplicadas às leituras, a ré e a vante, na mira estão, respectivamente, indicadas por  $C_R$  e  $C_U$ . Considerando o astro a ré como na figura, tem-se:

$$L_R - L_U = L'_R + C_R - (L'_U - C_U) = L'_R - L'_U + C_R + C_U \quad (3.4.)$$

Designando por  $d_U$  e  $d_R$ , respectivamente, o comprimento da visada a vante e a ré, tem-se:

$$d = d_R + d_U \quad (3.5.)$$

Sabe-se que, no nivelamento geométrico, os efeitos da refração atmosférica e curvatura terrestre podem ser eliminados, automaticamente, com  $d_U \cong d_R$ .

Considerando  $\delta h$  como a correção de maré a ser aplicada ao desnível do lance e  $\Psi$  o ângulo entre a vertical e a vertical perturbada:

$$C_R = d_R \Psi$$

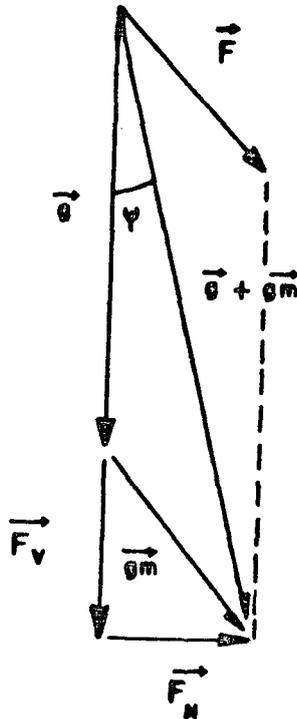
$$C_U = d_U \Psi$$

$$d\Psi = \delta h = C_R + C_U$$

$$L_R - L_U = L'_R - L'_U + d\Psi \quad (3.6.)$$

A figura 5 mostra as componentes vertical ( $\vec{F}_V$ ) e horizontal ( $\vec{F}_h$ ) da força da maré:

FIGURA 5 : COMPONENTES HORIZONTAL E VERTICAL DA FORÇA DA MARÉ E ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DA MARÉ DE UMA SUPERFÍCIE EQUIPOTENCIAL



A componente horizontal da força da maré é a única que influencia o desnível no nivelamento.

O ângulo  $\psi$  é dado por:

$$\psi \approx \frac{|\vec{F}_h|}{|\vec{g}|} = \frac{3 M_T p^3 \text{ sen } 2Z}{2} \quad (3.7.)$$

Onde:

$\vec{F}_h$ : componente horizontal da força da maré

$\vec{g}$ : aceleração da gravidade

**M** : massa do astro perturbador

**p** : paralaxe horizontal

**Z** : distância zenial do astro perturbador

A fórmula básica para o cálculo das componentes vertical e horizontal da aceleração das marés  $\vec{F}_h$  e  $\vec{F}_v$ , respectivamente, sobre uma Terra rígida, tem sido publicada por vários autores. As equações para o cálculo das componentes da aceleração da maré são (apenas as componentes horizontais, na direção da vertical do astro perturbador, influenciam os desníveis):

$$h_L = (3KMr) (\text{sen } 2Z_L) / 2d^3 + (3KMr^2) (5 \cos^2 Z_L - 1) (\text{sen } Z_L) / 2d^4 \quad (3.8.)$$

$$h_S = (3KSr) (\text{sen } 2Z_S) / 2D^3$$

Onde:

$h_L$  : componente horizontal da aceleração da maré devido à Lua

$h_S$  : componente horizontal da aceleração da maré devido ao Sol

**K** : constante gravitacional de Newton

**r** : distância entre o ponto sobre a superfície terrestre e o centro da Terra

**M** : massa da Lua

**S** : massa do Sol

**d** : distância entre os centros da Terra e da Lua

**D** : distância entre os centros da Terra e do Sol

$Z_L$  : distância zenital da Lua

$Z_S$  : distância zenital do Sol

Após o cálculo de  $h_L$  e  $h_S$ , devem ser conhecidas as deflexões astronômicas da vertical (E) aplicando a elas o valor médio da gravidade (980,39 mGal), para um modelo simplificado:

Deflexão devido à Lua:

$$E_L = h_L / 980,39$$

Deflexão devido ao Sol:

$$E_S = h_S / 980,39$$

O azimute e a distância são determinados a partir das posições das referências de nível início e fim da seção de nivelamento.

A correção astronômica, para uma Terra elástica,  $C_a$ , é dada por:

$$C_a = \gamma K s \quad (3.9.)$$

Onde:

$\gamma$  : fator de diminuição que leva em consideração a elasticidade da Terra

$$\gamma = 0,7 \text{ (setenta por cento)}$$

$$K = \text{tg } E_L \cos (A_L - A) + \text{tg } E_S \cos (A_S - A)$$

$s$  : comprimento da seção de nivelamento

$A_L$  : azimute da Lua

$A_S$  : azimute do Sol

$A$  : azimute da seção de nivelamento

A fórmula prática, recomendada por [11], para o cálculo da correção ao desnível dado pelo nivelamento geométrico, considerando valores médios para a paralaxe diária horizontal do Sol e da Lua, é dada por:

$$\Delta h = \gamma [c_S \text{sen}2Z_L \cos(A_L - A) + c_\Delta \text{sen}2Z_L \cos(A_S - A)] S \quad (3.10.)$$

Onde:

$\Delta h$  : correção astronômica (em milímetros) a ser somada ao desnível observado obtido no nivelamento geométrico.

$S$  : comprimento da seção de nivelamento (em quilômetros)

$$c_S = 0,039$$

$$c_\Delta = 0,084$$

Para se determinar a distância zenital da Lua ( $Z_L$ ), o azimute da Lua ( $A_L$ ) e o azimute do Sol ( $A_S$ ), para o instante das observações, é necessário conhecer a hora sideral das medições, a latitude da referência de nível, a ascensão reta e a declinação dos astros. As transformações de coordenadas equatoriais celestes (uranográficas) para coordenadas horizontais podem ser feitas com o emprego das fórmulas do Grupo de Gauss ou das Analogias de Neper [12].

### 3.3. CORREÇÃO DE REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA

Uma versão simples do modelo desenvolvido pelo professor T. J. Kukkamaki pode ser usada para calcular as correções às diferenças de altitudes observadas de uma seção para minimizar o efeito da refração atmosférica [14]:

$$C_r = -10^{-6} c_p (S/[2n(50)])^2 dt d W \quad (3.11.)$$

$C_r$  : correção da refração (em milímetros) para uma seção de nivelamento

$c_p = 70$  [2].

$S$  : comprimento da seção (em metros)

$n$  : número de lances de nivelamento da seção

$dt$  : diferença de temperaturas preditas em graus Celsius entre temperaturas a 2,5 m e 0,5 m acima do solo  
(temperatura mais acima menos temperatura mais abaixo)

$d$  : diferença de altitudes para a seção em unidades de meio centímetro

$W$  : fator climático (baseado no "código do sol")

$W = 0,5$  : 100% de céu nublado

$W = 1,0$  : 50% de céu ensolarado

$W = 1,5$  : 100% de céu ensolarado

Esta fórmula deve ser utilizada quando as diferenças de temperaturas do ar são obtidas através de temperaturas preditas, para os circuitos de nivelamento já desenvolvidos sem a

realização de tais medições na época das observações. Para esta modelagem da temperatura do ar acima do solo devem ser conhecidos alguns elementos como: intensidade de radiação solar, calor específico do ar, densidade do ar, aceleração da gravidade, cobertura de nuvens e velocidade do vento [4].

O modelo matemático original de Kukkamaki para a correção da refração atmosférica lida com valores observados de temperaturas do ar. Esta correção, cuja fórmula encontra-se a seguir, deve ser somada com o seu sinal algébrico resultante ao desnível observado do lance de nivelamento:

$$C_r = - 10^{-6} c_p (S/50)^2 dt D \quad (3.12.)$$

Onde:

S : comprimento da visada (instrumento para a mira) em metros

dt: diferença de temperaturas observadas em graus Celsius entre temperaturas observadas a 1,3 e 0,3 metros (temperatura acima menos temperatura abaixo)

D : desnível do lance em unidades de meio centímetro

$c_p = 70$  [2].

## **CAPÍTULO IV**

### **O TRATAMENTO INICIAL DOS DADOS**

#### **4. A ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA PARA O AJUSTAMENTO**

Os dados de entrada principais para o processo do ajustamento são os desníveis observados das linhas e/ou ramais de nivelamento corrigidos e os seus respectivos comprimentos.

Para o ajustamento sugere-se que sejam feitas algumas considerações relativas aos outros elementos que compõem as redes altimétricas com base no nivelamento geométrico [29].

A figura 6 a seguir orienta no sentido de se mostrar um esquema de rede altimétrica [24] e quais são as unidades possíveis de trabalho como:

1) **Visadas:** são definidas pelas leituras da mira executadas pelo instrumento (nível) e são em número de duas, a vante e a ré.

2) **Lances:** definem os valores dos desníveis observados entre dois pontos no terreno, num único estacionamento do nível, e devem ser de, no máximo, 150 m de comprimento, aproximadamente, que representa o valor limite em condições ideais. Este comprimento varia em função da topografia do terreno.

3) **Seções:** são compostas de lances e são limitadas por estações monumentalizadas (Referências de Nível) espaçadas de no máximo 3 km [7].

4) **Linhas:** são o conjunto de seções de nivelamento limitadas

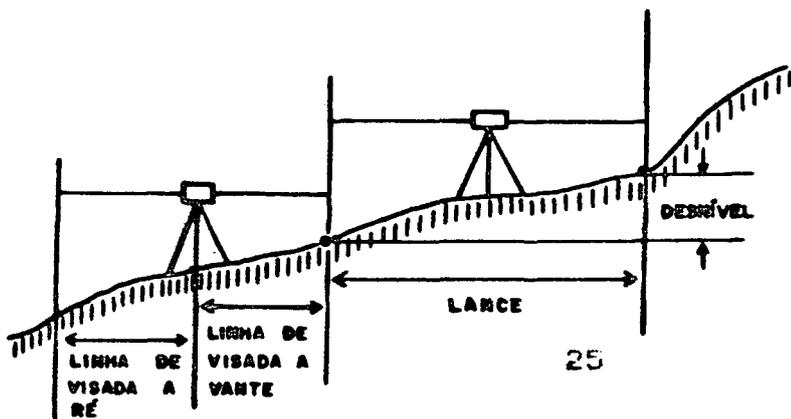
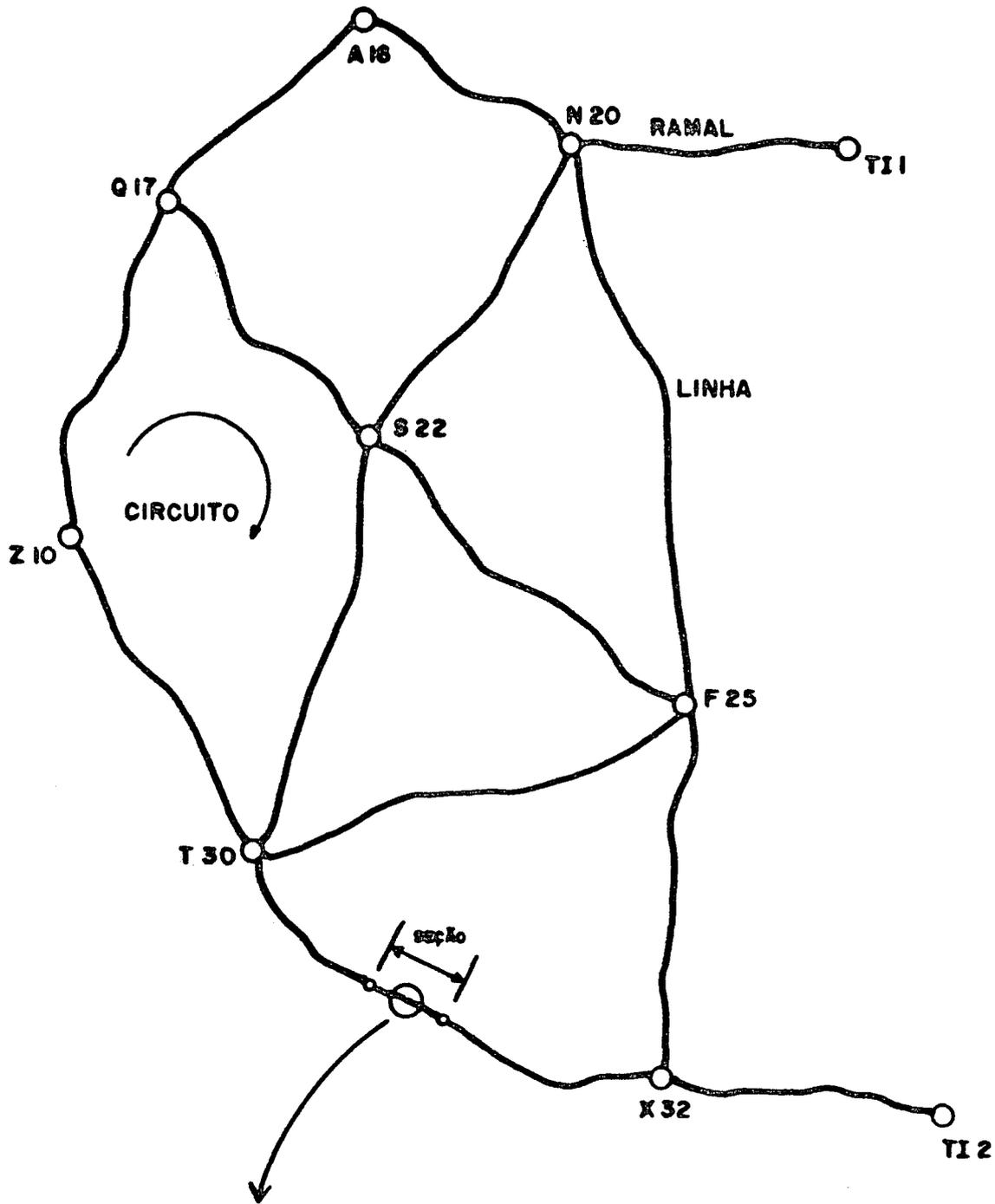
sempre por referências de nível tipo nó.

5) **Ramais:** são definidas da mesma forma que as linhas de nivelamento, sendo que os ramais têm por finalidade servir às cidades, vilas e povoados à margem dos levantamentos e distantes destes de até 20 Km [7]. Um dos extremos do ramal não é ponto nó.

6) **Circuitos:** são o conjunto de linhas de nivelamento formando figuras fechadas.

7) **Redes:** são o conjunto de circuitos e ramais, conectados ao datum vertical que é um referencial altimétrico.

FIGURA 6 : REDE ALTIMÉTRICA E SEUS ELEMENTOS PRINCIPAIS



Para o controle de qualidade dos trabalhos e no tratamento dos dados de nivelamento geométrico, foram estabelecidas normas específicas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (I.B.G.E.), órgão responsável pela implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro, que constam do Boletim de Serviço (Suplemento) nº 1602 de 19 de agosto de 1983 [7].

Para o ajustamento de uma rede, proposto neste trabalho, necessita-se conhecer os desníveis observados e os comprimentos das linhas e ramais que compõem os seus circuitos de nivelamento.

Sendo assim é preciso calcular estes valores a partir dos desníveis observados corrigidos e comprimentos dos lances, e em seguida das seções de nivelamento, que compõem as linhas e ramais a serem ajustados.

Esta etapa pode ser feita por um programa computacional de forma a organizar os dados e gerando assim um arquivo que será o arquivo de leitura principal do programa de ajustamento.

Para facilidade de compreensão do assunto acima exposto é apresentado um diagrama de blocos no capítulo VI que procura mostrar as fases principais do processamento. Na próxima seção será descrita a metodologia para estes cálculos.

O procedimento adotado pelo I.B.G.E. para a crítica e análise dos dados iniciais, a partir de informações de cadernetas de campo, relativo à preparação para o ajustamento de redes de nivelamento de alta precisão, pode ser encontrado em

[25].

#### 4.1. O PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS QUE COMPÕEM AS INFORMAÇÕES DE CADERNETA DE CAMPO EM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

As observações de campo, relativas aos lances de nivelamento, são aqui consideradas como os dados primários e aquelas relativas às seções são os dados secundários. Para se obter os dados referentes às linhas e ramais, que são as unidades de trabalho para o ajustamento, necessita-se que seja feito um pré-processamento seqüencial dos dados primários e secundários e uma análise crítica destes dados, em certos casos, com rejeição de observações das cadernetas de campo.

Este pré-processamento está também associado à aplicação das correções, já referenciadas no capítulo III, aos desníveis observados dos lances e das seções de nivelamento.

A partir de um arquivo de dados primários gera-se, então, um outro arquivo com os valores observados das seções através de um programa computacional. Logo após esta etapa são aplicadas as correções aos desníveis destas seções gerando assim um outro arquivo contendo os valores dos desníveis corrigidos. Através de um outro algoritmo cria-se o arquivo de leitura de dados para o ajustamento, contendo os valores observados médios corrigidos dos desníveis das linhas e/ou ramais. Este arquivo deve conter as seguintes informações formatadas de forma sintética e adequada:

1- Dados relativos às denominações das referências de nível

de partida e de chegada para cada observação.

2- Desníveis observados: valores médios, calculados a partir das observações de nivelamento e contra-nivelamento de cada seção.

3- Distâncias: comprimentos das linhas e/ou ramais.

#### 4.2. A CRÍTICA E O REFINAMENTO DOS DADOS

Os dados devem estar dispostos de forma compacta no arquivo de leitura. Mas, sabe-se que, em função de erros como linhas com baixa precisão e circuitos com fechamentos ruins, estes não devem ser aproveitados para o ajustamento. As tolerâncias adotadas como oficiais para esta crítica dos dados são [7]:

a) Diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma seção, onde K é o comprimento da seção em quilômetros:  $3 \text{ mm} \sqrt{K}$ .

b) Diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma linha, onde K é o comprimento da linha em quilômetros:  $4 \text{ mm} \sqrt{K}$ .

c) Valor máximo para a razão entre a discrepância acumulada e o perímetro do circuito:  $0,5 \text{ mm/km}$ .

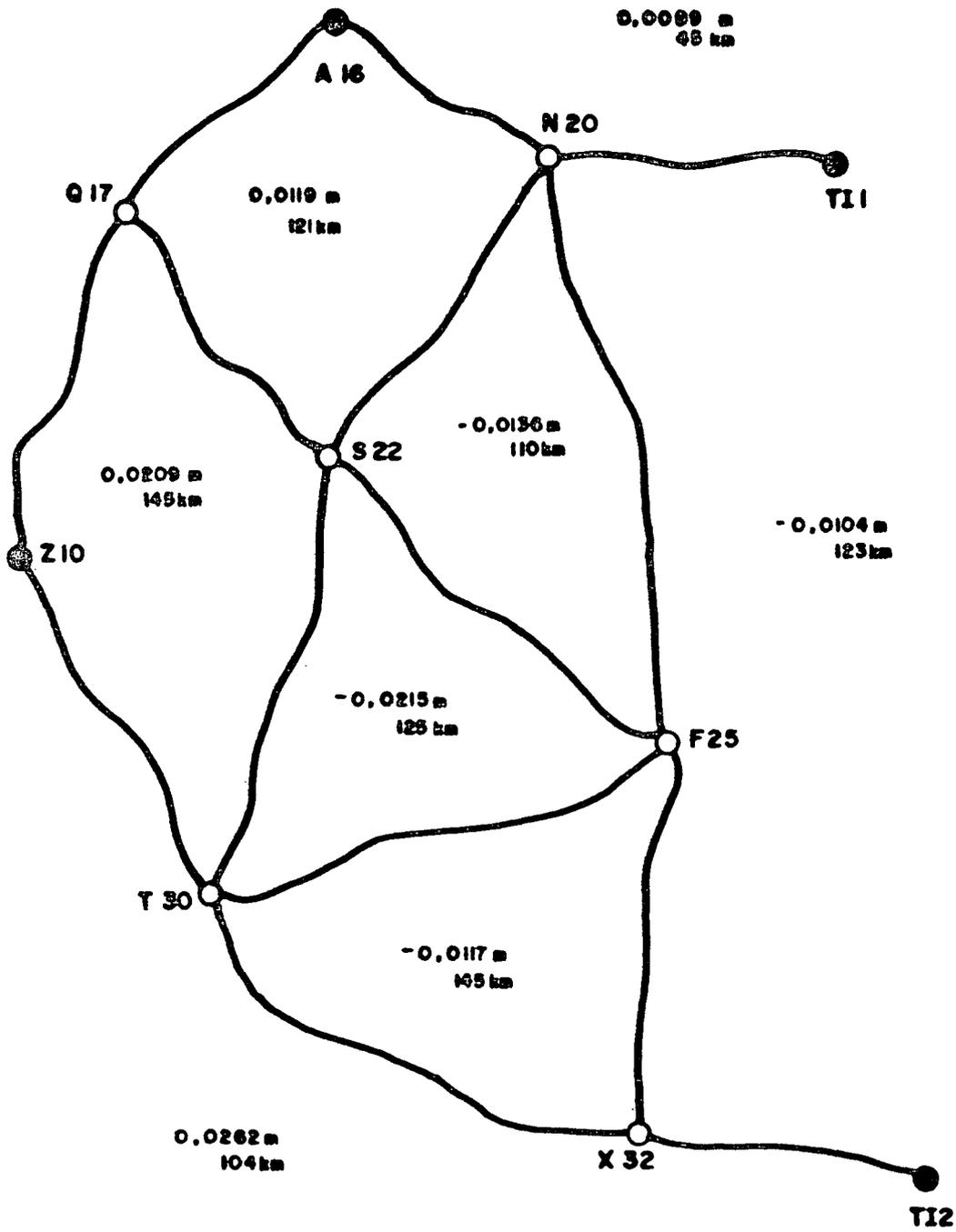
Em função da geometria da rede altimétrica a ser ajustada existem situações diversas de rejeição de dados com base nas tolerâncias mencionadas acima. Há situações onde devem ser rejeitadas apenas algumas linhas e outros casos, por exemplo, onde pode haver rejeição de todas as linhas que de-

finem um determinado circuito de nivelamento. Desta forma, percebe-se que a configuração inicial de uma rede que se pretende ajustar pode se modificar após a crítica.

No exemplo da figura 7 estão indicados os erros de fechamento dos circuitos e linhas fechadas da rede a ser ajustada. Foram calculadas as razões entre o erro de fechamento e o perímetro de cada circuito e linha fechada, e foram lançados na tabela 2. Não houve, neste exemplo, rejeição de linhas e ramais, com base na tolerância pré-estabelecida (0,5 mm/Km).

Na tabela 1 a seguir são encontradas as precisões das linhas de nivelamento e, em nenhum caso, neste mesmo exemplo de rede altimétrica, foi encontrado um valor superior à tolerância de  $4 \text{ mm } \sqrt{K}$  para a precisão da linha nivelada.

FIGURA 7 : ERROS DE FECHAMENTO E PERÍMETROS DE CIRCUITOS E RAMAIS FECHADOS DA REDE PARCIAL DOS ESTADOS UNIDOS



ONDE :

- REFERÊNCIA DE NÍVEL COM ALTITUDE DESCONHECIDA
- REFERÊNCIA DE NÍVEL COM ALTITUDE FIXA

TABELA 1: Precisões das linhas de nivelamento da Rede Parcial dos Estados Unidos (Tolerância de  $4 \text{ mm } \sqrt{k}$ )

L I N H A	RN1 ( DE PARTI- DA )	RN2 ( DE CHEGA- DA )	OBSERVAÇÕES (N/C) DESNÍVEIS(m)	DISTÂNCIAS (Km)	DIFERENÇAS ENTRE N/C (mm)	PRECISÃO DA LINHA (mm K)
1	T11	N20	12,3479 12,3389	20	9,0	2,0
2	N20	A16	10,0427 10,0393	25	-3,4	0,7
3	A16	017	15,9117 15,9125	31	0,8	0,1
4	S22	017	3,8099 3,8157	28	5,8	1,1
5	N20	S22	22,1302 22,1266	37	-3,6	0,6
6	F25	S22	10,3298 10,3336	32	3,8	0,7
7	N20	F25	11,8097 11,8109	41	1,2	0,2
8	017	Z10	17,4600 17,4576	37	-2,4	0,4
9	Z10	T30	2,8214 2,8080	39	-13,4	2,1
10	S22	T30	24,0699 24,0609	41	-9,0	1,4
11	F25	T30	34,4150 34,4222	52	7,2	1,0
12	X32	T30	15,4800 15,4854	48	5,4	0,8
13	F25	X32	18,9509 18,9443	45	-6,6	1,0
14	T12	X32	42,3233 42,3197	17	-3,6	0,9

**TABELA 2: Razões entre erros de fechamento e perímetros dos circuitos ou linhas fechadas da Rede Parcial dos Estados Unidos (Tolerância de 0,5 mm/km)**

CIRCUITOS OU LINHAS FECHADAS	ERROS DE FECHAMENTO (mm)	PERÍMETROS (km)	RAZÃO (mm/km)
1	8,9	45	0,20
2	11,9	121	0,10
3	-13,6	110	-0,12
4	20,9	145	0,14
5	-21,5	125	-0,17
6	-11,7	145	-0,08
7	-10,4	123	-0,08
8	26,2	104	0,25

#### **4.3. CUIDADOS NA CRIAÇÃO DO ARQUIVO DE LEITURA DE DADOS**

O arquivo principal de leitura de dados para o ajustamento contém os seguintes elementos, em ordem de ocorrência:

- 1 - denominação das referências de nível de partida e de chegada para cada observação e suas latitudes expressas até os minutos de ângulo;
- 2 - desníveis observados corrigidos, expressos em metros com 4 casas decimais, para as linhas e/ou ramais;
- 3 - distâncias, expressas em quilômetros com 2 casas decimais, entre as referências de nível que limitam as linhas

e/ou ramais.

Os cuidados na criação do arquivo de dados, já selecionados através das tolerâncias citadas na seção 3.1, têm como objetivo detectar outros tipos de erros que também podem ocorrer como:

- a) denominação incorreta das referências de nível gerando conflitos entre elas, comprometendo a observação e o próprio ajustamento;
- b) digitação incorreta dos dados do arquivo principal de leitura em função de uma formatação pré-estabelecida;
- c) ordem incorreta das observações (linhas de arquivo) podendo causar uma má formação da matriz das derivadas parciais e também das equações normais podendo gerar um sistema mal condicionado;
- d) nomes incorretos das referências de nível de partida e de chegada causando formação errada do vetor das incógnitas;
- e) repetição de observações, isto é, de registros no arquivo, indicará singularidade da matriz  $A^{TPA}$  a ser invertida.

## **CAPÍTULO V**

### **O AJUSTAMENTO E A ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS**

#### **5. O AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO ATRAVÉS DO MÉTODO DAS EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO (MÉTODO PARAMÉTRICO OU DAS OBSERVAÇÕES INDIRETAS)**

Embora se observe, em muitos casos, o emprego do método das equações de condição (método dos correlatos) no ajustamento de redes altimétricas [3], [15], [19] e [23], é apresentado aqui, como procedimento para a solução do problema do ajustamento, o método das equações de observação, método dos parâmetros ou método das observações indiretas.

O método das equações de observação tem sido empregado em ajustamentos como: o da Rede de Nivelamento Australiana pelo Departamento de Minas e Energia daquele país [28]; o da Rede de Nivelamento Européia pela Academia Bavariana de Ciências em Munique (Alemanha Ocidental) e pela Universidade de Tecnologia de Delft (Holanda) [6]; e o do Setor de Levantamentos, Mapeamento e Sensoriamento Remoto do Departamento de Energia, Minas e Recursos do Canadá (S.M.R.S.S.).

#### **5.1. VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PARAMÉTRICO SOBRE O MÉTODO DOS CORRELATOS**

Quando emprega-se o método dos correlatos (das equações de condição), obtém-se como valores ajustados os desníveis. Para se obter as altitudes ajustadas das referências de nível, seria necessário criar um algoritmo próprio para o transporte de altitudes ajustadas ao longo da rede altimétrica com base nos desníveis ajustados fornecidos no final do ajustamento. No caso do outro método, o dos parâmetros, através de simples operação matricial, são geradas, no ajustamento, as altitudes ajustadas finais destas referências de nível. Por este motivo, o método dos parâmetros é chamado também de método das observações indiretas, ou seja, o método permite ajustar as altitudes (além dos desníveis), e estas são consideradas como observações indiretas, sabendo-se que as altitudes não são observadas [25].

No método dos correlatos, a matriz a ser invertida apresenta ordem definida pelo número de equações de condição,  $M = (B P^{-1} B^T)^{-1}$ . Há casos em que, este número, quando comparado com o número de incógnitas (referências de nível com altitudes desconhecidas) do método dos parâmetros, para o mesmo exemplo de rede altimétrica a ser ajustada, é maior do que este último [25]. Vale lembrar que, para se definir o número de incógnitas no método das equações de observação acima mencionado, é necessário o conhecimento do número de pontos fixos (referências de nível tipo junção) com altitudes invariáveis para o ajustamento.

## 5.2. CÁLCULO MATRICIAL PARA O CASO DO MODELO MATEMÁTICO

## LINEAR

As equações de observação em nivelamento podem ser representadas por:

$$\begin{aligned}l_1^b &= x_B^b - x_C^b \\l_{i+1}^b &= x_A^b - x_C^b \\&\dots \dots \\l_m^b &= x_J^b - x_K^b\end{aligned}$$

Onde:

$m$  : número de equações de observação

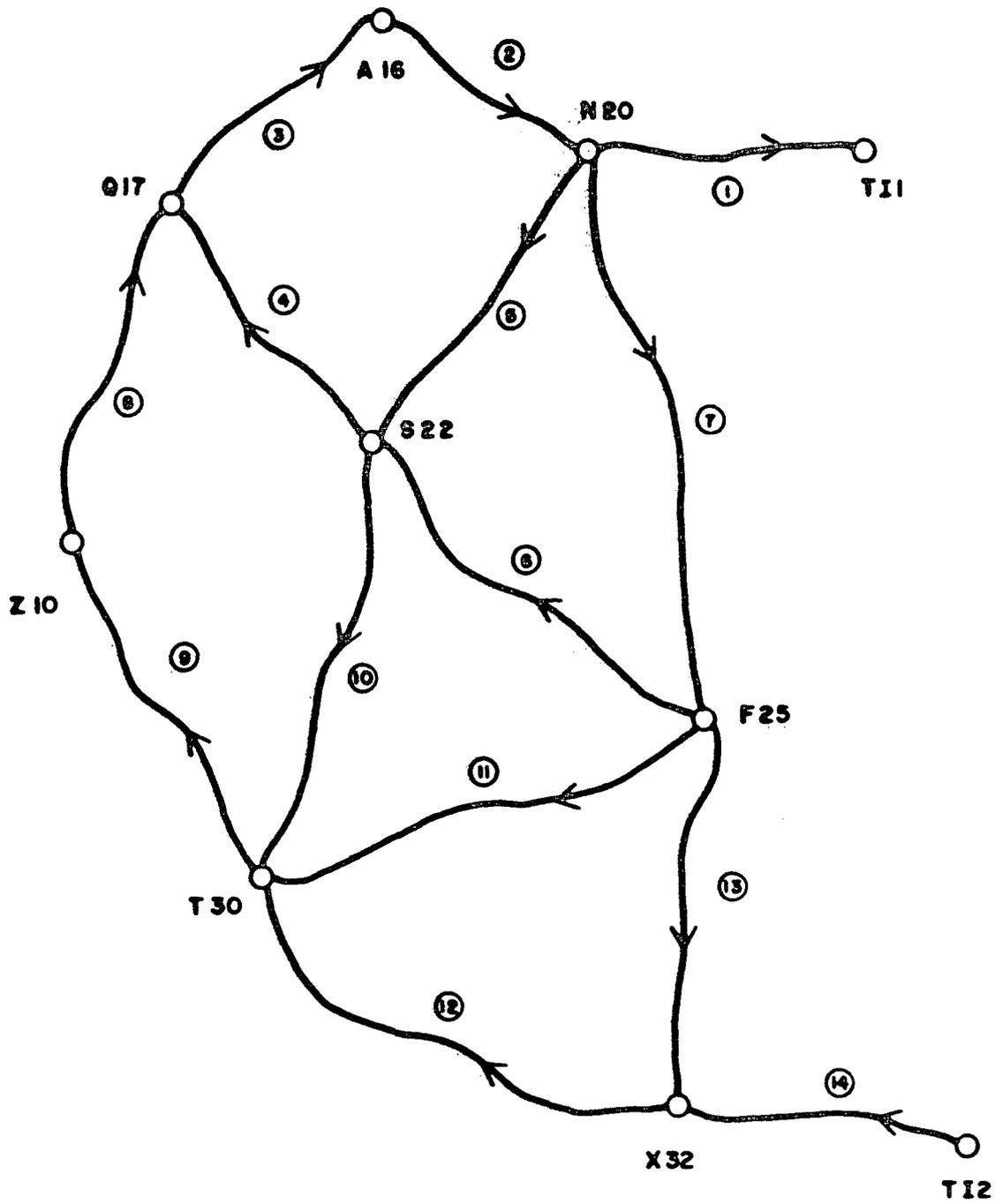
$l^b$  : desníveis observados

$x^b$  : altitudes das referências de nível fixas ou não fixas

Para o exemplo da figura 8 tem-se:

$$\begin{aligned}l_1^b &= x_{T11}^b - x_{N20}^b \\l_2^b &= x_{N20}^b - x_{A16}^b \\l_3^b &= x_{A16}^b - x_{017}^b \\l_4^b &= x_{017}^b - x_{B22}^b \\l_5^b &= x_{B22}^b - x_{N20}^b \\&\dots \\l_{14}^b &= x_{X32}^b - x_{T12}^b\end{aligned}$$

FIGURA 8 : NUMERAÇÃO DAS LINHAS E RAMAIS DA REDE PARCIAL DOS ESTADOS UNIDOS



Se, neste caso, as altitudes das referências de nível TI1, A16, Z10 e TI2 forem consideradas como fixas, tem-se:

$$\begin{aligned}
 l_1^b &= H_{TI1} - X_{N20}^b \\
 l_2^b &= X_{N20}^b - H_{A16} \\
 l_3^b &= H_{A16} - X_{017}^b \\
 l_4^b &= X_{017}^b - X_{822}^b \\
 l_5^b &= X_{822}^b - X_{N20}^b \\
 &\dots \\
 l_{14}^b &= X_{822}^b - H_{TI2}
 \end{aligned}$$

Onde H indica altitude fixa.

Desta forma, pode-se indicar o modelo matemático, matricialmente, como:

$$L_m = F(X_m) \tag{5.1.}$$

Esta expressão sintetiza um conjunto de equações onde os desníveis ajustados ( $L_m$ ) são função das altitudes ajustadas ( $X_m$ ).

O princípio clássico deste método está relacionado ao cálculo iterativo onde seriam necessários valores iniciais aproximados para as altitudes e para os desníveis, onde:

$$L_0 = F(X_0)$$

$X_0$  : vetor cujos componentes são os valores aproximados dos parâmetros (altitudes).

$L_0$  : vetor que é função dos parâmetros aproximados.

Este procedimento só é válido para a situação onde o modelo matemático não é linear, o que não é o caso de nivelamento geométrico, pois as equações de observação são sempre lineares, assim como acontece, de um modo geral, com o ajustamento de redes gravimétricas.

O conceito de correção aos parâmetros a cada iteração não há quando o modelo matemático é linear.

Portanto, em nivelamento, o cálculo do ajustamento não necessita ser iterativo. As altitudes ajustadas e os desníveis também ajustados são obtidos de forma direta [25].

Serão apresentadas as expressões matriciais para o caso de modelos não lineares, e logo a seguir será feita uma particularização para o caso de modelos matemáticos lineares.

Os valores das altitudes ajustadas são dados pelas seguintes equações:

$$x_1^a = x_{N20}^0 + x_{N20}$$

$$x_{1+1}^a = x_{017}^0 + x_{017}$$

...

$$x_n^a = x_j^0 + x_k$$

Onde:

$n$  : número de parâmetros (incógnitas)

$x^a$  : altitudes ajustadas

$x^o$  : altitudes aproximadas das referências de nível  
com altitudes desconhecidas

$x$  : correções aos parâmetros

Matricialmente:

$$X_{m-1}^a = X_o + X \quad (5.2)$$

Os desníveis ajustados são dados pelas seguintes equações:

$$\begin{aligned} l_1^a &= l_1^o + v_1 \\ l_{1+1}^a &= l_{1+1}^o + v_{1+1} \\ &\dots \\ l_m^a &= l_m^o + v_m \end{aligned}$$

Onde:

$l^a$  : desníveis ajustados

$l^o$  : desníveis observados

$v$  : resíduos

Matricialmente:

$$L_{m-1}^a = Lb + V \quad (5.3.)$$

O modelo matemático linearizado, segundo a fórmula de

Taylor, considerando nulas as derivadas sucessivas de ordens maiores ou iguais a 2, é dado por:

$$L_b + V = F(X_b) = F(X_0 + X) = F(X_0) + \left. \frac{\partial F}{\partial X_m} \right|_{X_0} X$$

Fazendo:

$$L_0 = F(X_0)$$

$$A = \left. \frac{\partial F}{\partial X_m} \right|_{X_0}$$

$$L = L_0 - L_b$$

Então:

$$L_b + V = L_0 + AX$$

$$V = L_0 - L_b + AX$$

$$\underset{m \times 1}{V} = \underset{m \times n}{A} \underset{n \times 1}{X} + \underset{m \times 1}{L} \quad (5.4.)$$

A matriz de pesos das observações é dada por:

$$P = \sigma_0^{-2} \sum L_b^{-1} \quad (5.5.)$$

Onde:

$\sigma_0^{-2}$  : variância da unidade de peso a priori

$\Sigma_{Lb}$  : matriz variância-covariância dos des-níveis observados

Em nivelamento geométrico os pesos são, geralmente, considerados como inversamente proporcionais aos comprimentos das linhas e/ou ramais de nivelamento.

Logo,

$$p_i \approx 1 / d_i$$

$$p_i = \sigma_o^2 / \sigma_i^2 \approx 1 / d_i$$

Como  $\sigma_o^2 = 1$ :

$$\sigma_i^2 \approx d_i$$

$$P = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{22}^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_{kk}^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\sigma_{11}^2 = 1 / d_1 \approx p_1$$

O vetor das correções aos parâmetros é dado por:

$$X_{n-1} = -(N)^{-1} U \quad (5.6.)$$

Onde:

$$N_{n \times n} = A^T P A$$

$$U_{n \times 1} = A^T P L$$

Para modelos matemáticos lineares tem-se:

$$l_1 = c_1 - l_{1+1}^b$$

$$l_{1+1} = c_{1+1} - l_{1+1}^b$$

...

$$l_m = c_m - l_m^b$$

Onde:

$c$  : valores constantes relativos às altitudes fixas das referências de nível tipo injunção ou a valores nulos

$l^b$  : desníveis observados

Matricialmente:

$$L_{m \times 1} = C - L_b \quad (5.7.)$$

Logo as altitudes ajustadas são dadas por:

$$X_{m \times 1} = -(N)^{-1} A^T P (C - L_b) \quad (5.8.)$$

Os resíduos tomam o seguinte aspecto:

$$V_{m \times 1} = A X_m + C - L_b \quad (5.9.)$$

E os desníveis ajustados são agora:

$$L_m = L_b + V$$

$$L_m = L_b + AX_m + C - L_b$$

$$L_{m \times 1} = A X_m + C \quad (5.10.)$$

Para melhor compreensão da expressão acima, considere o exemplo de rede altimétrica da figura 7 já citado e veja os elementos de alguns vetores:

$$\begin{bmatrix} l_1^m \\ l_2^m \\ l_3^m \\ \dots \\ l_m^m \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} X_{NR0^m} \\ X_{017^m} \\ X_{B22^m} \\ \dots \\ X_{X32^m} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \dots \\ C_m \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} l_1^m \\ l_2^m \\ l_3^m \\ \dots \\ l_m^m \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} X_{NR0^m} \\ X_{017^m} \\ X_{B22^m} \\ \dots \\ X_{X32^m} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -HT_{11} \\ H_{A16} \\ -H_{A16} \\ \dots \\ HT_{12} \end{bmatrix}$$

A matriz A das derivadas parciais representa as derivadas parciais das funções (modelos matemáticos) em relação às altitudes ajustadas, quando aplicadas no ponto  $X_0$ . Para a situação analisada aqui, esta matriz independe de valores aproximados para os desníveis e para as altitudes, e é única para uma determinada rede a ser ajustada, não sofrendo alterações durante todo o processo de ajustamento.

Nota-se, então, que, em ajustamentos de redes altimétricas, não há necessidade de cálculo iterativo sob o ponto de vista de convergência (em consequência da aproximação linear), obtendo-se diretamente os desníveis e as altitudes ajustadas através das expressões matriciais (5.10.) e (5.8.), respectivamente.

São apresentados os resultados do ajustamento da rede altimétrica da figura 7 na tabela 7.

### **5.3. AS MATRIZES VARIÂNCIA-COVARIÂNCIA APÓS O AJUSTAMENTO E A MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES**

As matrizes variância-covariância dos parâmetros ajustados, das observações ajustadas e dos resíduos estão intimamente relacionadas com a estimativa da precisão do ajustamento, isto é, estas matrizes indicam a grandeza da incerteza das altitudes ajustadas, dos desníveis ajustados e dos resíduos após o ajustamento. É bom lembrar que quando se fala em

incerteza, está se falando de variância e covariância, e em consequência, de desvio-padrão.

A partir destas matrizes pode-se avaliar, através de seus elementos diagonais por exemplo, as variâncias após o ajustamento. Comparando as variâncias das observações estimadas antes do processo do ajustamento com as respectivas variâncias contidas na diagonal principal da matriz variância-covariância (M.V.C.) dos desníveis ajustados, nota-se que os valores diminuem consideravelmente, isto é, o ajustamento diminui as incertezas dos desníveis, o que era de se esperar [10].

Estas matrizes são indispensáveis para uma avaliação estatística dos resultados do ajustamento [31], e elas são:

M.V.C. das altitudes ajustadas (parâmetros):

$$\Sigma_{Xa} = \hat{\sigma}_o^2 N^{-1} \quad ; \quad N = A^T P A \quad (5.11.)$$

M.V.C. dos desníveis ajustados (observações):

$$\Sigma_{La} = \hat{\sigma}_o^2 A N^{-1} A^T \quad (5.12.)$$

M.V.C. dos resíduos:

$$\Sigma_v = \hat{\sigma}_o^2 (AN^{-1}A^T - P^{-1}) \quad (5.13.)$$

A partir da matriz variância-covariância das altitudes ajustadas pode-se calcular a matriz dos coeficientes de cor-

relação (R) destas observações:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1m} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \dots & \rho_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{m1} & \rho_{m2} & \rho_{m3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Com os coeficientes calculados por:

Se  $i \neq j$ :

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}$$

Se  $i = j$ :

$$\rho_{ij} = 1$$

Esta matriz contém valores que expressam a interação ou interdependência entre os desníveis ajustados. Esta interdependência pode ser nula, positiva ou negativa, sendo que:

$$-1 \leq \rho_{ij} \leq 1$$

A máxima correlação entre duas observações se dá quando o coeficiente é unitário.

#### 5.4. TESTES QUI-QUADRADO DE HIPÓTESES PARA INFERÊNCIAS ESTATÍSTICAS

A situação existente no ajustamento de redes altimétricas é caracterizada por um conjunto de variáveis aleatórias da mesma natureza (desníveis), onde se procura, a partir de observações de nivelamento e contra-nivelamento, encontrar o valor mais provável dos desníveis entre as referências de nível. Este valor mais provável (admitindo que as distribuições amostrais seguem a distribuição normal), também denominado estimativa, deve ser o valor mais próximo do real e representativo do fenômeno observado (desnível).

Sabe-se, porém, que o conjunto de observações compõe uma amostra estatística de uma população desconhecida.

Quando se fala de variância da unidade de peso a priori, por exemplo, trata-se de uma variância populacional não conhecida. Desta forma quando se atribui à essa variância o valor unitário, significa que está se valorizando uma determinada quantidade arbitrariamente à variância, por não se conhecer outra quantidade mais próxima do seu real valor. Esta afirmativa só é válida para o caso de se ajustar com pesos diferentes atribuídos às observações.

##### 5.4.1. TESTE PARA UMA VARIÂNCIA POPULACIONAL $\sigma_0^2$

Um forte recurso para se tentar avaliar o ajustamento estatisticamente é o teste de hipóteses. O teste mais apropriado, quando a variância populacional é desconhecida, chama-se teste para uma variância populacional.

A hipótese básica ou nula do teste ( $H_0$ ) é definida como sendo as variâncias amostral ( $\hat{\sigma}_o^2$ ) e populacional ( $\sigma_o^2$ ), supostamente, iguais:

$$H_0 : \sigma_o^2 = \hat{\sigma}_o^2$$

A hipótese alternativa ( $H_1$ ) pode apresentar as seguintes situações:

$$H_1 : \sigma_o^2 > \hat{\sigma}_o^2$$

$$H_1 : \sigma_o^2 < \hat{\sigma}_o^2 \quad , \quad \text{ou}$$

$$H_1 : \sigma_o^2 \neq \hat{\sigma}_o^2$$

As situações do teste da hipótese básica  $H_0$  contra uma hipótese alternativa  $H_1$  são indicadas na tabela 3 a seguir [31]:

Tabela 3: Situações de um teste de hipóteses estatísticas.

Decisão	O teste nos diz	
	Aceitação de $H_0$	Rejeição de $H_0$
Situação		
$H_0$ verdadeira	Decisão correta: $P = 1 - \alpha$ (nível de confiança)	Erro tipo I: $P = \alpha$ (nível de significância)
$H_0$ falsa ( $H_1$ verdadeira)	Erro tipo II $P = \beta$	Decisão correta: $P = 1 - \beta$ (potência)

Logo, existem quatro situações que podem ocorrer num ajustamento:

Situação 1 : Aceita-se a hipótese básica e esta é verdadeira.

Situação 2 : Rejeita-se a hipótese básica e esta é falsa.

Situação 3 : Rejeita-se a hipótese básica e esta é verdadeira.

Situação 4: Aceita-se a hipótese básica e esta é falsa.

As situações 3 e 4 representam erros do tipo I e II respectivamente.

A probabilidade máxima a qual se está sujeito a cometer o erro do tipo I é denominada nível de significância ( $\alpha$ ) do teste de hipóteses. Esta quantidade deve ser fixada antes de ser aplicado o teste, e neste trabalho assume o valor de 5%, isto é, 0,05. Em Geodésia, o nível de significância assume valores entre 0,05 e 0,01, normalmente [31].

A região de rejeição ou região crítica da hipótese básica foi fixada em 0,05, logo a região de aceitação é de 0,95

(95%), pois esta região é complementar à outra.

A probabilidade de aceitação da hipótese básica  $H_0$  quando esta é falsa (erro tipo II) está relacionada à potência do teste  $(1-\beta)$ . O teste mais poderoso é aquele que emprega a hipótese alternativa particular  $H_1$  que produz a menor probabilidade de se cometer o erro tipo II ( $\beta$ ) para um determinado nível de significância.

Como o valor da variância da unidade de peso a priori não influencia, como se sabe, a solução do ajustamento, não há sentido em se refazer o ajustamento utilizando a estimativa a posteriori [10].

A comparação entre as variâncias a priori e a posteriori pode ser um indicador da qualidade de um ajustamento.

A forma quadrática  $V^T P V$  tem distribuição de Qui-quadrado com  $r$  graus de liberdade.

$$\frac{V^T P V}{\sigma_0^2} = \frac{\hat{\sigma}_0^2 \cdot r}{\sigma_0^2}$$

Onde:

$r$  : número de graus de liberdade

$r = m - n$

$m$  : número de equações de observação

$n$  : número de parâmetros (incógnitas)

Considerando  $\chi^2$  como sendo, segundo [13], a relação entre:

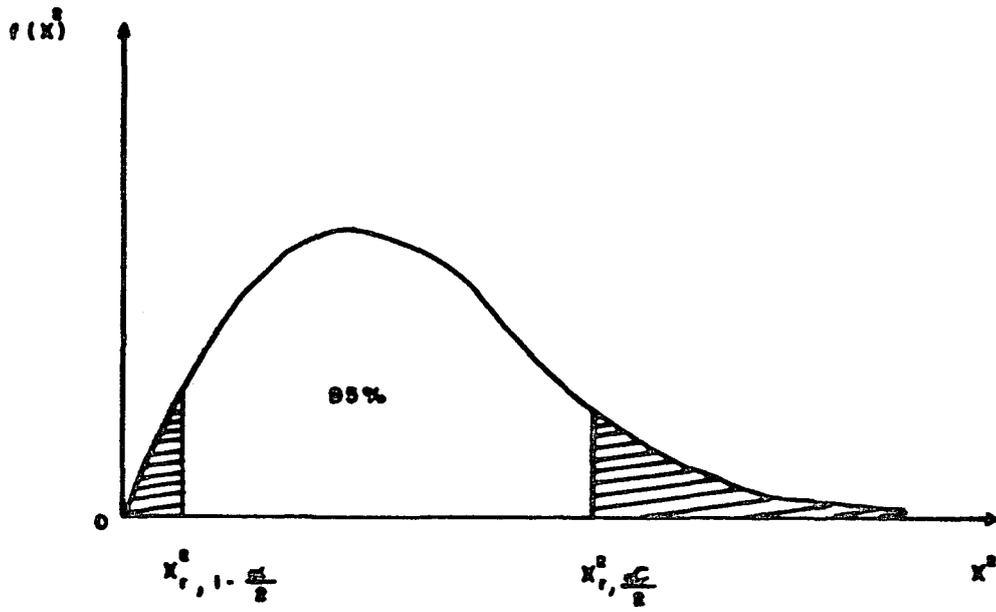
$$\chi^2 = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \quad r = \frac{V^T P V}{\sigma_0^2}$$

Com os valores teóricos abaixo:

$$\chi^2_{r, \frac{\alpha}{2}} \text{ e } \chi^2_{r, 1 - \frac{\alpha}{2}}$$

Seja a figura 9:

FIGURA 9 : TESTE DE HIPÓTESES ESTADÍSTICAS, PARA UMA VARIÂNCIA POPULACIONAL, COM BASE NA DISTRIBUIÇÃO DE QUI-QUADRADO



 REGIÃO DE REJEIÇÃO DO TESTE DE HIPÓTESES

A hipótese básica será rejeitada quando:

$$\chi^2 < \chi^2_{r, 1 - \frac{\alpha}{2}} \quad \text{ou}$$

$$\chi^2 > \chi^2_{r, \frac{\alpha}{2}}$$

Neste caso, deve-se proceder a uma análise cuidadosa do ajustamento, pois houve um mau ajustamento. Isto pode estar associado a erros na estimativa da matriz variância-covariância dos desníveis observados ( $\Sigma_{Lb}$ ), os resíduos podem estar excessivamente grandes devido a erros grosseiros ainda existentes nos dados ou a erros sistemáticos, ou ainda pode estar associado a um sistema mal condicionado [10].

A tabela da distribuição de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), encontrada no anexo 1, apresenta como elementos de entrada dois argumentos: número de graus de liberdade ( $r$ ) e o nível de significância ( $\alpha$ ) (probabilidade) [1].

Para os casos dos ajustamentos das redes altimétricas das figuras 7 e 18 houve rejeição da hipótese básica que diz serem iguais as variâncias a priori e a posteriori. Isto pode ser justificado por existirem erros na estimativa dos elementos diagonais da matriz variância-covariância dos desníveis observados e também por considerar as covariâncias nulas. A existência de erros grosseiros nos dados pode ser também uma das causas, uma vez que os resíduos foram excessivamente grandes nestes casos.

Quando houver um número maior ou igual a 100 graus de

liberdade, os pontos de percentagem  $\chi^2_{r, \alpha}$  desta distribuição devem ser obtidos a partir dos pontos de percentagem  $\chi^2_r$  da distribuição normal através da seguinte relação aproximada, com  $\alpha = P$  [13]:

$$\chi^2_{r, \alpha} = r + (2r)^{1/2} \chi_r$$

Esta situação pode ocorrer quando for ajustada uma rede altimétrica muito extensa. Para ter-se uma idéia da situação no Brasil, através do órgão oficial responsável por estes trabalhos (I.B.G.E.), o número de graus de liberdade não excede a 100 no ajustamento simultâneo dos circuitos principais que compõem a Rede de Controle Vertical de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro (R.C.V.A.P.S.G.B.) [26].

#### 5.4.2. TESTE PARA ADEQUAÇÃO DE UM AJUSTAMENTO

A curva de Gauss ou curva normal padronizada, dentro de uma certa margem de erro, pode ser adequada para explicar e descrever o fenômeno cujos dados amostrais estão representados por um histograma ou polígono de frequências. Para se ter certeza deste fato é necessário saber se o ajustamento é bom ou não.

O teste de Qui-quadrado para adequação, qualidade, bondade, aderência ou validade de um ajustamento deve ser feito para se validar o próprio ajustamento. As hipóteses básica e alternativa são dadas por, respectivamente:

$H_0$ : o ajustamento é bom.

$H_1$ : o ajustamento não é bom.

Com um nível de significância ( $\alpha$ ) pré-estabelecido de 0,05 e com uma tabela de freqüências de uma amostra em mãos, calcula-se o número de graus liberdade ( $\nu^*$ ) para a distribuição:

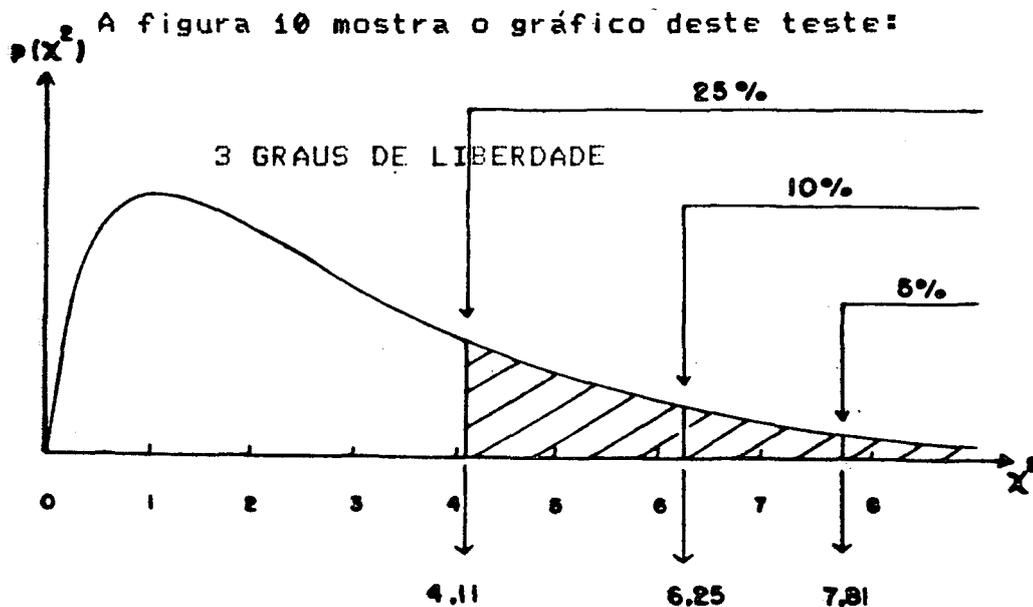
$$\nu^* = K - 1 - p \quad (5.14.)$$

Onde:

$K$  : número de classes da tabela de freqüências

$K = 1 + 3,32 \log(m)$  : Fórmula empírica de Sturges.

$p$  : número de parâmetros estimados no ajustamento. Para a curva normal:  $p = 2$ , pois a média ( $\bar{x}$ ) e o desvio-padrão amostrais ( $s$ ) são estimados.



A abscissa  $\chi^2$  calculada é dada por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5.15.)$$

Onde:

$O_i$  : frequência observada

$E_i$  : frequência ajustada (esperada ou teórica)

Se  $\chi^2$  amostral calculado for maior que o  $\chi^2$  tabelado ,  
rejeita-se a hipótese básica, isto é, o ajustamento não é  
bom. Caso contrário, aceita-se a hipótese básica.

A aplicação deste teste só é adequada para distribuições  
amostrais que apresentarem  $E_i$  maiores ou iguais a 5.

Foram feitos os testes de adequação dos ajustamentos das  
redes altimétricas das figuras 7 e 18. Os valores  $\chi^2$  calcu-  
lados e tabelados para esses casos foram:

Tabela 4 : Valores  $\chi^2$  calculados e tabelados para as amostras para o teste de adequação dos ajustamentos

AJUSTAMENTO	$\chi^2$	
	CALCULADO	TABELADO
Rede Parcial dos Estados Unidos m = 14	0,2766	5,9915
R.C.V.A.P.S.G.B. m = 56	8,7187	9,4877

Conclui-se que a hipótese básica foi aceita para os dois casos, isto é, os ajustamentos são bons, ao nível de significância de 5 %.

As tabelas de distribuição de frequências para os testes de adequação dos ajustamentos da rede parcial dos Estados Unidos e da R.C.V.A.P.S.G.B. foram elaboradas com base nos resíduos normalizados (Veja Seção 5.5.) e são, respectivamente:

Tabela 5 : Tabela de distribuição de frequências para o teste de adequação do ajustamento da rede parcial dos Estados Unidos

INTERVALOS DE CLASSE	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS		PROBABILIDADE TEÓRICA	FREQUÊNCIAS ESPERADAS	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$
	ABSOLUTAS	RELATIVAS	$(\pi_i)$	$(E_i)$		$E_i$
-3,0 - -2,0	1	0,07	0,0217	0,3038	0,6962	1,5955
-2,0 - -1,0	2	0,14	0,1360	1,9040	0,0960	0,0048
-1,0 - 0,0	5	0,36	0,3413	4,7782	0,2218	0,0103
0,0 - 1,0	3	0,22	0,3413	4,7782	-1,7782	0,6618
1,0 - 2,0	2	0,14	0,1360	1,9040	0,0960	0,0048
2,0 - 3,0	1	0,07	0,0217	0,3038	0,6962	1,5955
SOMATÓRIOS	14	1,00	1,00	14,00	-	3,8726

Onde:  $E_i = n \pi_i$

Tabela 6 : Tabela de distribuição de frequências para o teste de adequação do ajustamento dos macrocircuitos da R.C.V.A.P.S.G.B.

INTERVALOS DE CLASSE	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS		PROBABILIDADE TEÓRICA	FREQUÊNCIAS ESPERADAS	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$
	ABSOLUTAS	RELATIVAS	$(P_i)$	$(E_i)$		$E_i$
-4,0 - -3,0	6	0,11	0,0013	0,0728	5,9272	482,5783
-3,0 - -2,0	3	0,05	0,0217	1,2152	1,7848	2,6214
-2,0 - -1,0	9	0,16	0,1360	7,6160	1,3840	0,2515
-1,0 - 0,0	16	0,29	0,3413	19,1128	-3,1128	0,5070
0,0 - 1,0	15	0,27	0,3413	19,1128	-4,1128	0,8850
1,0 - 2,0	5	0,09	0,1360	7,6160	-2,6160	0,8986
2,0 - 3,0	2	0,04	0,0217	1,2152	0,7848	0,5068
SOMATÓRIOS	56	1,00	1,00	56,00	-	488,2486

Apesar da não ocorrência de frequências esperadas ( $E_i$ ) com valores maiores ou iguais a 5 em todos os intervalos de classe, estes testes foram válidos para se ter uma idéia da qualidade dos ajustamentos.

As figuras 11 e 12 a seguir mostram os gráficos da distribuição Qui-quadrado com 2 e 4 graus de liberdade mostrando as áreas críticas de nível de significância dos testes de 5%. O primeiro gráfico refere-se à rede altimétrica da figura 7 e o segundo à rede da figura 18.

FIGURA 11 : GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO QUI-QUADRADO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE MOSTRANDO AS ÁREAS CRÍTICAS DE 5%.

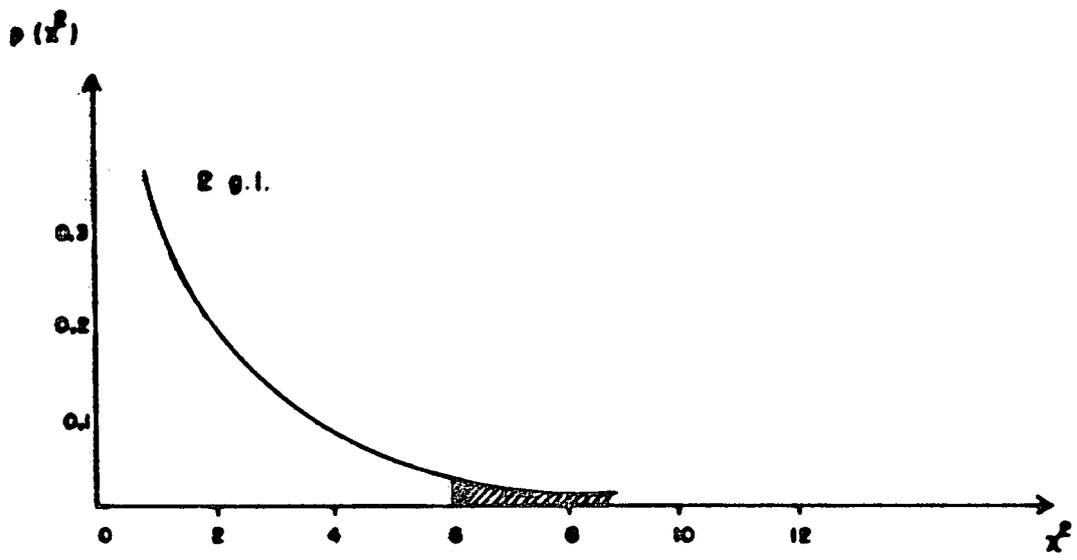
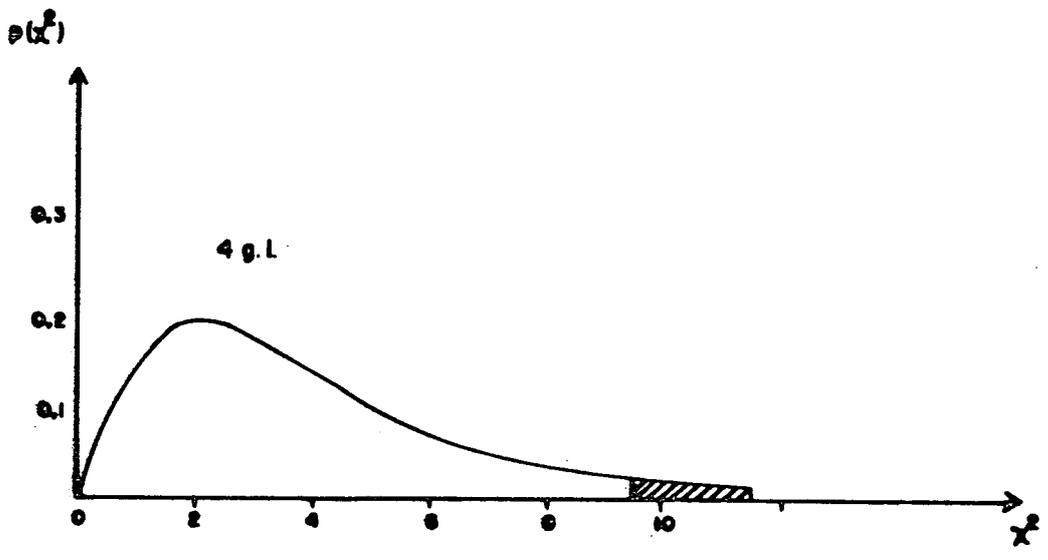


FIGURA 12 : GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO QUI-QUADRADO COM QUATRO GRAUS DE LIBERDADE MOSTRANDO AS ÁREAS CRÍTICAS DE 5%.



## 5.5. A ANÁLISE DOS RESÍDUOS E OS RESÍDUOS NORMALIZADOS

Os resíduos após o ajustamento podem ser indicadores do comportamento e da qualidade do ajustamento. Isto ocorre quando ainda há suspeita de ocorrência de erros grosseiros nas observações. É claro que esta situação pode parecer um pouco incomum, mas, mesmo analisando a precisão da rede através dos erros de fechamento, de seus circuitos, pode-se não estar totalmente livre destes erros.

Existem vários testes estatísticos não paramétricos [18] que podem ser aplicados a diferentes distribuições:

a) Testes de aleatoriedade (teste de iterações ou de seqüências e teste de tendência ou de estacionalidade): têm como finalidade se comprovar se a amostra é ou não aleatória.

b) Testes de normalidade (teste de Qui-quadrado e teste de Kolmogorov - Smirnov): têm como finalidade se comprovar a normalidade de uma distribuição.

c) Teste de Wilcoxon: tem como finalidade testar se a hipótese nula  $H_0$  é simétrica em torno de zero.

d) Teste  $P_\lambda$  de Pearson: procura estabelecer se os resultados dos testes de hipóteses realizados sobre diversas amostras, provenientes de uma determinada população, mostram o comportamento geral da população.

e) Teste de Kruskal - Wallis: procura decidir se amostras independentes provêm de populações diferentes.

No ajustamento de redes altimétricas as variáveis alea-

tórias (desníveis) são contínuas, isto é, podem assumir quaisquer valores reais, e como os testes não paramétricos são aplicáveis nos casos em que a distribuição populacional é desconhecida, pode-se empregar o teste de Kolmogorov - Smirnov para se comprovar se as amostras das duas redes exemplo (Figuras 7 e 18) se comportam como a distribuição normal. Deve ser escolhido este teste de normalidade, pois o teste de Qui-quadrado é menos poderoso que o de Kolmogorov - Smirnov, e, além disso, para amostras muito pequenas, o teste de Qui-quadrado não é aplicável de forma alguma, o que não acontece com o outro teste.

Nas duas amostras das redes altimétricas, então, não foi feito o teste de Kolmogorov-Smirnov por insuficiência de dados de forma acessível em meio magnético (disco ou fita). Supõe-se, então, que não foram rejeitadas as hipóteses de normalidade das distribuições contínuas amostrais representadas pelas redes altimétricas das figuras 7 e 18. Sendo assim, foram calculados os resíduos normalizados e construídos histogramas de frequências para as amostras.

Num estudo mais técnico e baseado em análise estatística surge então a definição do resíduo normalizado (ponderado ou padronizado) de uma observação. O resíduo normalizado será alvo de discussão a partir de agora.

Os resíduos normalizados  $w$ , têm sido investigados para a distribuição normal, aplicando o teste de Qui-quadrado, no ajustamento de 1979 da rede de nivelamento européia, no estu-

do da precisão e análise de validade [17].

Os trabalhos foram exaustivos e muito válidos para aquele ajustamento que envolvia também outros estudos como: a extensão da rede com introdução de novas observações em vários países daquele continente; estabelecimento de uma linha entre o mar Báltico e o mar Mediterrâneo que proporcionasse o teste de diferença nos níveis médios entre estes dois mares; e fornecer outros projetos geodésicos internacionais na Europa, com informações verticais em um referencial comum (datum).

O resíduo normalizado é definido como o produto entre o resíduo proveniente do ajustamento ( $v_i$ ) e a raiz quadrada do peso da observação ( $p_i$ ).

A expressão para se normalizar uma determinada distribuição, para comparações com a distribuição normal padronizada (com média nula e desvio-padrão unitário), é dada por:

$$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (5.16.)$$

Fazendo:

$$z_i = w_i$$

$$x_i = v_i$$

$$w_i = \frac{v_i - \mu}{\sigma}$$

Para a normalização da distribuição faz-se  $\mu \approx 0$ , logo:

$$w_i = v_i / \sigma_i$$

$$\text{Como: } p_i = \frac{K}{\sigma_i} \quad ; \quad K = 1$$

$$\text{Logo: } \sigma_i = \frac{1}{\sqrt{p_i}}$$

Levando este valor do desvio-padrão na expressão do resíduo normalizado, tem-se:

$$w_i = v_i \sqrt{p_i} \quad (5.17.)$$

Onde:

$w_i$  : resíduo normalizado de uma observação

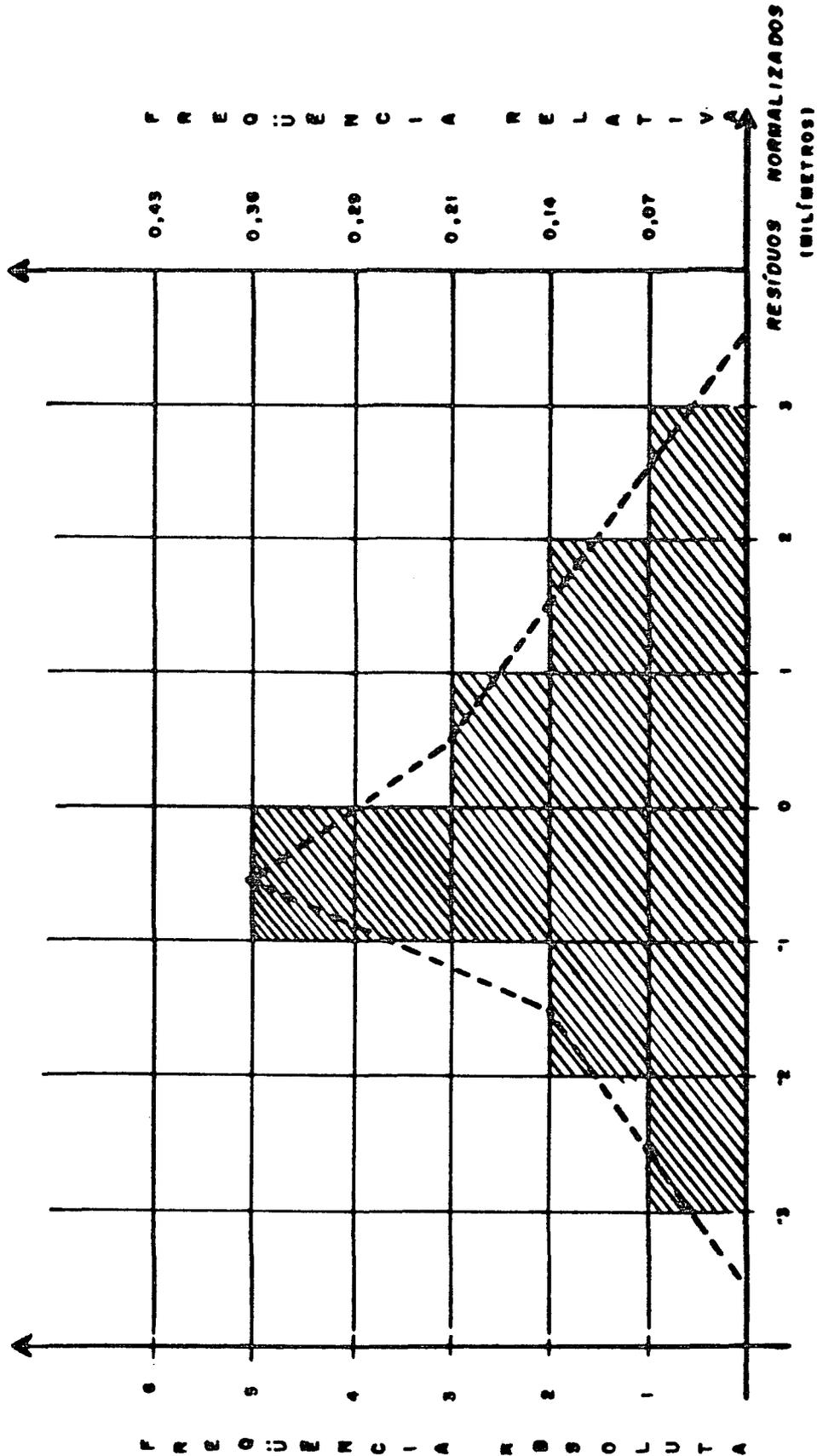
Através desse valor do resíduo normalizado para cada observação, pode-se construir um histograma e um polígono de frequências relativas onde os resíduos normalizados são função das suas frequências (relativas e/ou absolutas).

Para o ajustamento da rede da figura 7 foram calculados os resíduos normalizados para cada observação e podem ser encontrados na tabela 7.

Um histograma de resíduos normalizados foi feito com ba-

se no mesmo exemplo de rede altimétrica e encontra-se na figura 13. Neste caso trata-se de uma distribuição relativamente pequena (14 observações), mas como exemplo de teste para este trabalho torna-se útil a sua análise.

FIGURA 13 : HISTOGRAMA E POLÍGONO DE FREQUÊNCIAS DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS DA REDE PARCIAL DOS ESTADOS UNIDOS



ONDE : - - - POLÍGONO DE FREQUÊNCIAS

TABELA 7: Resíduos normalizados da rede parcial dos Estados Unidos

LINHA	RN1 ( DE PAR- TIDA)	RN2 ( DE CHE- GADA)	DESNÍVEIS OBSERVADOS CORRIGIDOS (m)	DESNÍVEIS AJUSTADOS (m)	RESÍDUOS $v_i$ (mm)	RESÍDUOS NORMALIZADOS $u_i$ (mm)
1	T11	N20	-12,3434	-12,3501	-6,7	-1,5
2	N20	A16	-10,0414	-10,0432	-1,8	-0,4
3	A16	017	-15,9115	-15,9084	3,1	0,6
4	S22	017	3,8137	3,8118	-1,9	-0,4
5	N20	S22	22,1278	22,1397	11,9	2,0
6	F25	S22	10,3325	10,3327	0,2	0,0
7	N20	F25	11,8093	11,8070	-2,3	-0,4
8	017	Z10	-17,4581	-17,4518	6,3	1,0
9	Z10	T30	- 2,8111	- 2,8157	-4,6	-0,7
10	S22	T30	24,0630	24,0794	16,4	2,6
11	F25	T30	34,4175	34,4121	-5,5	-0,8
12	X32	T30	15,4845	15,4647	-19,8	-2,9
13	F25	X32	10,9455	10,9473	1,8	0,3
14	T12	X32	42,3220	42,3143	-7,7	-1,9

A amplitude (h) de cada classe da tabela de distribuição de frequências é dada por:

$$h = A / K \quad (5.18.)$$

Onde A é a amplitude total e K é o número de classes da tabela de distribuição de frequências e são dados por:

$$A = w_{\max} - w_{\min}$$

K : numero de classes através da fórmula empírica de Sturges

O histograma ou diagrama de barras é utilizado para representar graficamente a lista de frequências abaixo para a rede altimétrica da figura 7 (Tabela 8).

TABELA 8: Frequências por intervalos de classe da rede parcial dos Estados Unidos

INTERVALOS DE CLASSE		FREQUÊNCIAS	
		ABSOLUTAS	RELATIVAS
-3,0	-2,0	1	0,07
-2,0	-1,0	2	0,14
-1,0	0,0	5	0,36
0,0	1,0	3	0,22
1,0	2,0	2	0,14
2,0	3,0	1	0,07
SOMATÓRIOS		14	1,00

O somatório das frequências absolutas é igual ao tamanho da amostra (definido pelo número de equações de observação) e o somatório das frequências relativas é igual à unidade.

Existem medidas de tendência central, de dispersão, de assimetria e de curtose que podem ser calculadas para uma tabela de distribuição de frequências. Neste caso de resíduos normalizados, com aplicação no ajustamento da rede altimétrica, não serão avaliadas a mediana e a moda destes resíduos,

pois o interesse maior aqui é a análise da assimetria da amostra e o achatamento da distribuição quando relacionada com a distribuição normal.

As redes altimétricas das figuras 7 e 18 foram analisadas sob estes dois aspectos: assimetria e achatamento da distribuição.

A avaliação do grau de assimetria da amostra é feita através do cálculo do coeficiente (adimensional) de momento de assimetria ou coeficiente de assimetria, e é dado por:

$$a_3 = m_3 / s^3 \quad (5.19.)$$

Onde:

$m_3$  : momento de ordem 3, centrado na média

$s$  : desvio-padrão da amostra

$$m_3 = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^3 / m$$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^k x_i / m$$

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 / (m-1)}$$

$x_i$  : elemento amostral

$\bar{x}$  : média aritmética da amostra

$m$  : número de elementos amostrais (igual ao número de equações de observação)

A sua interpretação é dada por:

- a) Se  $a_D = 0$  : a distribuição é simétrica.
- b) Se  $a_D < 0$ , ( $m_D < 0$ ) : a distribuição apresenta assimetria negativa.
- c) Se  $a_D > 0$ , ( $m_D > 0$ ) : a distribuição apresenta assimetria positiva.

Para o caso da rede da figura 7 (com 14 observações e 6 incógnitas) o coeficiente de assimetria calculado foi de 0,12 e para o caso da rede da figura 18 (com 56 observações e 37 incógnitas) o coeficiente foi de -0,39.

A primeira distribuição, então, apresentou fraca assimetria positiva e a segunda apresentou fraca assimetria negativa. As amostras podem, então, ser consideradas como aproximadamente simétricas.

Os coeficientes de assimetria calculados indicam pequena variação das amostras quando comparadas com a curva normal padronizada. Se a assimetria apresentasse um valor muito distante de zero (o valor limite considerado foi de 0,5), poderia-se suspeitar da presença nociva de erros sistemáticos nas amostras.

A interpretação do achatamento da amostra representada pela rede altimétrica pode ser feita através de medidas de curtose. A curtose é o maior ou menor grau de achatamento de uma distribuição, considerando, usualmente, em relação a uma distribuição normal. Só há sentido se calcular estas medidas de curtose quando a distribuição é simétrica ou aproximada-

mente simétrica.

Esta medida de curtose (adimensional) é o coeficiente do momento de curtose ou coeficiente de curtose e é dada por:

$$a_4 = m_4 / s^4 \quad (5.20.)$$

Onde:

$m_4$ : momento de ordem 4, centrado na média

$s$ : desvio-padrão da amostra

$$m_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^4$$

A interpretação, neste caso, é:

- a) Se  $a_4 = 3$ : a distribuição é mesocúrtica (curva de frequência de achatamento igual ao achatamento da curva de Gauss - curva normal padronizada - considerada como curva padrão).
- b) Se  $a_4 < 3$ : a distribuição é platicúrtica (curva de frequência mais achatada que a curva de Gauss)
- c) Se  $a_4 > 3$ : a distribuição é leptocúrtica (curva de frequência menos achatada que a curva de Gauss)

Calculando o grau de achatamento das distribuições amostrais das redes altimétricas da figura 7 e 18, respectivamente, através de medidas de curtose, obteve-se para a primeira rede o valor de 2,38 e, para a outra, o valor de 2,56 para os coeficientes de curtose. As amostras representaram distribuições platicúrticas. Os coeficientes de curtose calculados indicam que o grau de achatamento das amostras é fraco quando

comparadas com a curva normal padronizada. A interpretação das amostras neste aspecto não é muito significativa no que diz respeito aos erros sistemáticos, mas pode-se suspeitar da existência nociva de erros acidentais. Na rede de origem estadunidense justifica-se por se tratar de uma amostra pequena e no caso da rede brasileira pode-se considerar que o coeficiente calculado indica que a amostra não apresenta muita diferença quando comparada com a curva de Gauss.

#### 5.6. O PROBLEMA DA ATRIBUIÇÃO DE PESOS ÀS OBSERVAÇÕES DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Sabe-se que uma medida de alta precisão apresenta uma variância "pequena" porque valores muito pequenos de desvio-padrão indicam, teoricamente, que as estimativas dos desníveis provieram de observações com menor possibilidade de erros e, desta forma, um cuidado especial deve ser dado aos procedimentos de campo e ao refinamento dos instrumentos nestes trabalhos (calibração de níveis e miras). Por outro lado uma medida de baixa precisão apresenta uma variância "maior". Já que o valor da variância vai em direção oposta à da precisão, surge, então, outra medida de precisão que está diretamente relacionada com a variância, e é, normalmente, usada no ajustamento. Esta medida é denominada peso de uma observação [20]. Assim, para qualquer medição, ou observação, quanto maior o peso, mais alta é a sua precisão e vice-versa. De

acordo com esta idéia, o peso  $p_i$  de uma única observação é definido como uma quantidade que é inversamente proporcional à variância desta observação  $\sigma_i^2$ , isto é,

$$p_i = k / \sigma_i^2 \quad (5.21.)$$

Onde  $k$  é uma constante de proporcionalidade. Se uma observação tem peso unitário ( $p_i = 1$ ), sua variância é definida através do símbolo  $\sigma_o^2$ . Assim,

$$1 = k / \sigma_o^2 \quad ; \quad k = \sigma_o^2$$

Pode-se, portanto, dizer que:

$$p_i = \sigma_o^2 / \sigma_i^2$$

A constante de proporcionalidade é a variância da unidade de peso a priori, fator de variância, variância de referência, comumente chamada de "sigma" a priori.

Quando trata-se de ajustamento de redes altimétricas tem-se mais de uma observação e estão envolvidas no processo de cálculo como observações de mesma natureza, isto é, baseados no mesmo tipo de modelo matemático. Além das variâncias há também outras quantidades, conhecidas como covariâncias que expressam a interação ou interdependência entre as observações. Esta interação é chamada de correlação. Para os

propósitos deste trabalho todas as observações foram consideradas não correlacionadas, isto é, todas as covariâncias foram nulas.

O tratamento dos pesos atribuídos às observações foi este porque não se conhecia as covariâncias entre os desníveis observados.

A experiência tem mostrado um fato curioso em nivelamento geométrico no que diz respeito aos pesos das observações. Quanto maior a variância, menor deve ser o peso da observação e, no caso em questão, adota-se como peso o inverso da distância da linha de nivelamento, de forma aproximada, isto é:

$$p_i \cong 1 / d_i \quad (5.22.)$$

A variância da unidade de peso a priori foi considerada unitária para o desenvolvimento desta dissertação.

Este procedimento tem sido adotado em todos os casos de ajustamento altimétrico por haver insuficiência de dados relativos ao modelo probabilístico, isto é, à matriz variância-covariância  $\Sigma_{Lb}$  dos desníveis observados.

A matriz de pesos  $P$ , para o caso de um conjunto de  $m$  observações, é, então, dada por:

$${}_m P_m = \sigma_0^2 \Sigma_{Lb}^{-1}$$

$$P = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} 1/\sigma_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/\sigma_2^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1/\sigma_m^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\sum_{m} L_{bm} \approx \begin{bmatrix} d_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & d_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & d_m \end{bmatrix}$$

Como  $\sigma_0^2 = 1$ , então:

$$P \approx \begin{bmatrix} 1/d_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/d_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1/d_m \end{bmatrix}$$

O valor atribuído à variância da unidade de peso a priori  $\sigma_0^2$  não altera, de forma alguma, os resultados do ajustamento. A matriz variância-covariância das observações  $\sum_{L_b}$  está intimamente relacionada com os resultados finais do

ajustamento (desníveis e altitudes ajustados). Este fato confirma o cuidado que se deve ter em se determinar as variâncias das observações, definindo bem as estimativas das incertezas com que se obtém os desníveis observados. Um estudo objetivo e detalhado da precisão dos instrumentos (níveis e miras) e dos procedimentos de campo deve ser feito no sentido de se conhecer melhor as variâncias das observações. As covariâncias são ainda mais complexas de se determinar, mas sabemos que existem e têm a sua parcela de contribuição para a influência nos resultados. Existem modelos teóricos de covariâncias em nivelamento geométrico que podem ser encontrados em [33].

Existem outros tipos de ponderação em nivelamento geométrico, apresentados por alguns autores, como:

a) peso de uma observação inversamente proporcional à raiz quadrada do comprimento da linha, ramal ou seção de nivelamento;

b) peso de uma observação inversamente proporcional ao quadrado do comprimento da linha, ramal ou seção de nivelamento;

c) peso de uma observação inversamente proporcional ao desvio-padrão dado pela matriz variância-covariância dos desníveis ajustados. Sabendo-se que, após o ajustamento, as variâncias dos desníveis ajustados são geradas através da matriz  $\sum L_u$ . Estas podem ser consideradas como as variâncias dos desníveis observados representadas em  $\sum L_v$ . Pode-se mo-

dificiar a ponderação efetuando-se um novo ajustamento com uma nova matriz com pesos proporcionais a estas variâncias.

d) peso de uma observação inversamente proporcional ao desvio-padrão dado pelo desvio-padrão máximo aceitável, para o desnível, calculado a partir da tolerância de  $4 \text{ mm } \sqrt{k}$ , onde  $k$  é o comprimento da linha expresso em quilômetros; e

e) peso de uma observação inversamente proporcional ao desvio-padrão dado pela diferença encontrada entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma linha de nivelamento.

Estas maneiras de se ponderar as observações foram investigadas e sugeridas por alguns autores e, em nenhum destes casos, houve uma justificativa que pudesse substituir àquela quando adota-se pesos inversamente proporcionais aos comprimentos das linhas, ramais ou seções de nivelamento.

## **5.7. SITUAÇÕES QUE PODEM OCORRER AO AJUSTAMENTO EM FUNÇÃO DA REDE ALTIMÉTRICA A SER AJUSTADA**

As decisões que devem ser tomadas em se definir os blocos de uma rede a ser ajustada e a distribuição das referências de nível fixas podem ser baseadas em um estudo das alternativas de desmembramento da rede em blocos distintos. Em muitos casos esta situação está presente e requer uma análise da geometria da rede.

Quando pretende-se ajustar uma determinada rede altimétrica, com um número de observações elevado, surge dois pro-

blemas muito comuns: o computador, especialmente o micro-computador, não dispõe de memória suficiente para armazenamento de todos os dados para um ajustamento simultâneo ou, durante a compilação do programa fonte desenvolvido em FORTRAN, não é possível reservar área de memória principal para alocação física das matrizes com o superdimensionamento necessário para um ajustamento, uma vez que as variáveis são estáticas e não dinâmicas.

Uma classificação, sugerida por [25], para o ajustamento, segundo o número de observações envolvidas no cálculo e segundo o tratamento dado à matriz variância-covariância das observações, é:

**Ajustamento de observações:**

a) **Simultâneo:** quando todos os dados estão envolvidos no ajustamento de uma determinada amostra.

b) **Passo a passo, por estágios ou por blocos:** quando somente parte das observações está envolvida no processamento.

b.1.) **Em fases:** quando a M.V.C. de um bloco ajustado em uma fase é utilizada para o ajustamento da próxima fase.

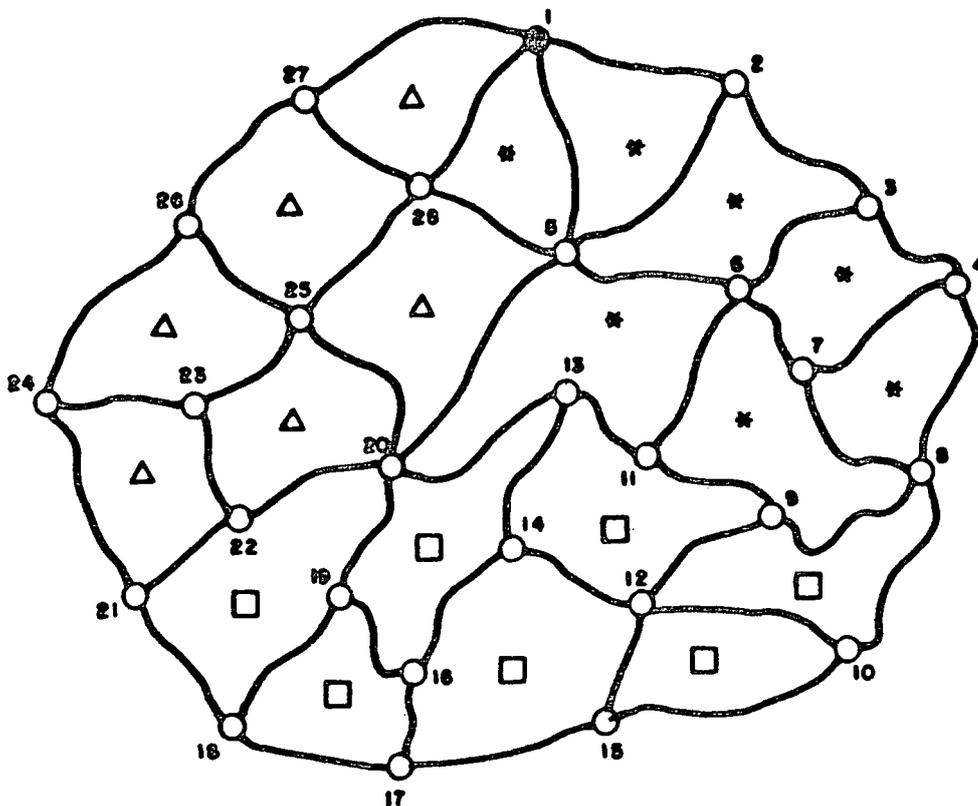
b.2.) **Seqüencial:** quando os valores ajustados de um bloco são utilizados como injunções para o ajustamento do próximo bloco adjacente.

A solução mais em evidência para o ajustamento e comumente empregada é a sub-divisão da rede em blocos menores possibilitando o processamento e tornando o ajustamento seqüencial.

O critério para este desmembramento da rede é muito relativo, pois precisa-se investigar a melhor saída para o problema em cada caso, de forma a evitar conflitos posteriores no que tange aos erros que se pode cometer em linhas comuns a dois blocos individuais. A metodologia na definição das junções para cada bloco se torna uma tarefa tão importante quanto as outras.

Esta situação pode ser exemplificada com a seguinte rede altimétrica (Figura 14), não muito complexa, para clareza de entendimento:

FIGURA 14 : REDE ALTIMÉTRICA EXEMPLO PARA O AJUSTAMENTO SEQUÊNCIAL



ONDE:

- REFERÊNCIA DE NÍVEL COM ALTITUDE DESCONHECIDA
- REFERÊNCIA DE NÍVEL COM ALTITUDE FIXA
- \* CIRCUITOS DO 1º AJUSTAMENTO
- CIRCUITOS DO 2º AJUSTAMENTO
- △ CIRCUITOS DO 3º AJUSTAMENTO

O número de referências de nível deste caso é 28, o número de observações (desníveis) é 47 e o número de incógnitas é 27, já que há apenas uma injunção que é a referência de nível nº 1 (ponto fixo).

Os circuitos indicados com um asterisco, por exemplo, foram selecionados para compor o primeiro ajustamento que gerará altitudes ajustadas para as RRNN nº 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 20 e 28. Para o próximo ajustamento foram selecionados os circuitos que estão indicados com uma pequena circunferência, considerando como pontos fixos as RRNN nº 8, 9, 11, 13 e 20 com altitudes ajustadas do primeiro ajustamento. Dos circuitos restantes foram, então, utilizados dados para o último ajustamento que fornecerá, além de outras altitudes ajustadas, altitudes para as RRNN nº 1, 5 e 28.

Se for feita uma comparação entre as altitudes das referências de nível 1, 5 e 28 provenientes do primeiro e último ajustamentos, provavelmente, notar-se-á que apresentarão diferenças que devem ser analisadas e, com base em uma certa tolerância, aceitas ou não. Em redes muito extensas estas diferenças poderão assumir valores relativamente grandes, gerando conflitos graves entre altitudes de uma mesma referência de nível.

## **5.8. INTRODUÇÃO DE NOVAS OBSERVAÇÕES NO PROCESSO DE CÁLCULO DE AJUSTAMENTO**

Os trabalhos de campo, mesmo já com uma rede básica ajustada, não cessam, pois há sempre novas medidas a serem efetuadas ao longo do tempo. Desta forma surgirão novas observações de nivelamento geométrico que devem ser inseridas à rede já ajustada anteriormente. Qual deve ser o procedimento de cálculo nesta situação?

A influência de novas observações no processo de cálculo e nos resultados de um ajustamento sempre foi um problema enfrentado pelo geodesta.

Existem, então, duas situações que podem ocorrer quando há novas observações a serem inseridas na rede a ser ajustada. Considerando o método dos parâmetros, que é empregado neste trabalho para ajustar as observações, são apresentadas agora as expressões matriciais para o cálculo, quando há novas observações envolvendo as mesmas incógnitas da rede já ajustada e quando há introdução de novas observações e de novos parâmetros na rede [9].

Será analisado o primeiro caso agora admitindo novas observações e permanecendo os mesmos parâmetros, isto é, as mesmas referências de nível tipo incógnita, com altitudes desconhecidas.

$$\text{Modelo : } L_m = F_1(X_m)$$

A solução geral, para modelos lineares, é dada por:

$$X_m = -(N_1 + N_2)^{-1} [ A_1^T P_1 (C_1 - L_{b1}) + A_2^T P_2 (C_2 - L_{b2}) ]$$

Onde os índices 1 e 2 representam grandezas associadas ao primeiro e ao segundo conjunto de observações, respectivamente.

Em certos problemas pode interessar obter a influência de novas observações sem repetir os cálculos originais do primeiro ajustamento. Desta forma:

$$X_m = X_m^1 + \Delta X$$

Alguns autores consideram este tipo de ajustamento como seqüencial, mas aqui não há esta denominação para não ser confundido com o ajustamento seqüencial definido no capítulo 8.

O termo  $\Delta X$  representa a influência de novas observações na rede e é dado pela expressão:

$$\Delta X = N_1^{-1} A_2^T (A_2 N_1^{-1} A_2^T + P_2^{-1})^{-1} (A_2 X_m^1 + C_2 - L_{b2}) \quad (5.23.)$$

A matriz variância-covariância das altitudes ajustadas é dada por:

$$\Sigma X_m = \sigma^2 N_1^{-1} + \sigma^2 N_1^{-1} A_2^T (P_2^{-1} + A_2 N_1^{-1} A_2^T)^{-1} A_2 N_1^{-1}$$

Onde o último termo representa a influência de novas ob-

servações, o mesmo ocorrendo com a fórmula para o cálculo de VTPV que segue:

$$V^{TPV} = V_1^T P_1 V_1 + X_m^T A_{22}^T P_2 (C_2 - L_{b2}) + \Delta X A_1^T P_1 (C_1 - L_{b1})$$

O segundo caso admite novas observações e novos parâmetros, isto é, novas referências de nível tipo incógnita na rede a ser ajustada.

As expressões para o método dos parâmetros são, para o segundo caso:

$$L_{m1} = F_1 (X_{m1})$$

$$L_{m2} = F_2 (X_{m1}, X_{m2})$$

Os correspondentes modelos linearizados são:

$$V_1 = A_1 X_1 + C_1 - L_{b1}$$

$$V_2 = A_{21} X_1 + A_{22} X_2 + C_2 - L_{b2}$$

As altitudes ajustadas para os dois ajustamentos são dadas por:

$$X_1 = X_1^* + \delta X$$

$$X_2 = - (A_{22}^T Z^{-1} A_{22})^{-1} A_{22}^T Z^{-1} (A_{21} X_1^{**} + C_2 - L_{b2})$$

Onde:

$$X_1^{**} = - N_1^{-1} U_1$$

$$\delta X = - N_1^{-1} A_{21}^T K_2 \quad (5.24.)$$

$$K_2 = Z^{-1} (A_{22} X_2 + A_{21} X_1^{**} + C_2 - L_{b2})$$

$$Z = A_{21} N_1^{-1} A_{21}^T + P_2^{-1}$$

As super-matrizes abaixo representam as equações do sistema geral linearizado dado por  $A'X' + B' = 0$ :

$$\begin{bmatrix} A_1^T P_1 A_1 & A_{21}^T & 0 \\ A_{21} & -P_2^{-1} & A_{22} \\ 0 & A_{22}^T & 0 \end{bmatrix} *$$

$$* \begin{bmatrix} X_1 \\ K_2 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_1^T P_1 (C_1 - L_{b1}) \\ C_2 - L_{b2} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

A influência do segundo grupo de observações sobre os parâmetros iniciais é dada por:

$$\delta X = - N_2^{-1} A_{22}^T K_2$$

Estes casos analisados representam a situação onde pretende-se ajustar novas observações (desníveis) da rede sem que seja necessário o reajustamento do conjunto total de observações. Pode-se, então, calcular a influência das novas observações mantendo as mesmas incógnitas ( $\Delta X$ ) e com incógnitas novas ( $\delta X$ ).

#### **5.9. AS INJUNÇÕES NO AJUSTAMENTO E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A REDE**

Foram feitos sete ajustamentos com a rede altimétrica da figura 7 onde foram consideradas as mesmas observações e foi alterado o número de injunções. Nos ajustamentos foram considerados os seguintes pontos fixos que constam da tabela 9 que segue abaixo:

TABELA 9: Injunções para os ajustamentos teste da rede parcial dos Estados Unidos

AJUSTAMENTO	PONTOS FIXOS
1º	TI1, A16, Z10, TI2
2º	TI1
3º	A16
4º	Z10
5º	TI2
6º	TI1, TI2
7º	A16, Z10

Foram comparadas as altitudes ajustadas finais entre estes ajustamentos e na tabela 10 a seguir foram lançados estes valores.

As altitudes das referências de nível fixas são:

TI1 : 1,3752 metros

A16 : 23,7685 metros

Z10 : 57,1287 metros

TI2 : 2,1654 metros

TABELA 10: Altitudes ajustadas para os ajustamentos teste da rede parcial dos Estados Unidos

R.N.	ALTITUDES AJUSTADAS DOS AJUSTAMENTOS TESTE (EM METROS)						
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
T11	---	---	1,3850	1,3797	1,4054	---	1,3837
A16	---	23,7587	---	23,7632	23,7889	23,7681	---
N20	13,7253	13,7186	13,7284	13,7231	13,7488	13,7261	13,7271
Ø17	39,6769	39,6686	39,6784	39,6731	39,6988	39,6803	39,6760
Z10	---	57,1242	57,1340	---	57,1545	57,1300	---
S22	35,8651	35,8554	35,8652	35,8598	35,8856	35,8677	35,8628
T30	59,9444	59,9327	59,9425	59,9372	59,9629	59,9485	59,9392
F25	25,5324	25,5201	25,5299	25,5245	25,5503	25,5345	25,5275
X32	44,4797	44,4572	44,4670	44,4616	44,4874	44,4810	44,4641
T12	---	2,1352	2,1450	2,1396	---	---	2,1421

Analisando alguns destes resultados (Tabela 11) verifica-se que se forem comparadas as altitudes das referências de nível fixas do primeiro ajustamento com as geradas nos outros ajustamentos tem-se:

TABELA 11: Diferenças entre as altitudes ajustadas geradas pelos ajustamentos teste da rede parcial dos Estados Unidos

R.N.	T11	A16	Z10	T12
AJUSTAMENTO				
10	1,3752	23,7685	57,1287	2,1654
20	-	23,7587	57,1242	2,1352
		+ 9,8mm	+ 4,5mm	+30,2mm
30	1,3850	-	57,1340	2,1450
	- 9,8mm		- 5,3mm	+20,4mm
40	1,3797	23,7632	-	2,1396
	- 4,5mm	+ 5,3mm		+25,8mm
50	1,4054	23,7889	57,1545	-
	-30,2mm	-20,4mm	-25,8mm	
60	-	23,7681	57,1380	-
		+ 0,4mm	- 9,3mm	
70	1,3837	-	-	2,1421
	- 8,5mm			+23,3mm

Neste estudo das influências das injunções em uma rede altimétrica a ser ajustada pode-se ter uma indicação de existir ou não de consistência entre as altitudes das referências de nível fixas. Se houver uma ou mais altitudes que não provieram do mesmo referencial altimétrico (datum) do sistema geodésico, fatalmente será detectada a inconsistência quando forem consideradas no ajustamento. Para isto, basta verificar os resíduos e se observar, na vizinhança das referências

de nível com altitudes inconsistentes, se os resíduos estão discrepantes do restante da rede. Pode-se suspeitar também de inconsistência em altitudes no que diz respeito à sua origem, isto é, quando houver vários ajustamentos sequenciais que gerem algumas altitudes consideradas como injunções no ajustamento em conjunto com outras altitudes fixas próximas do datum vertical.

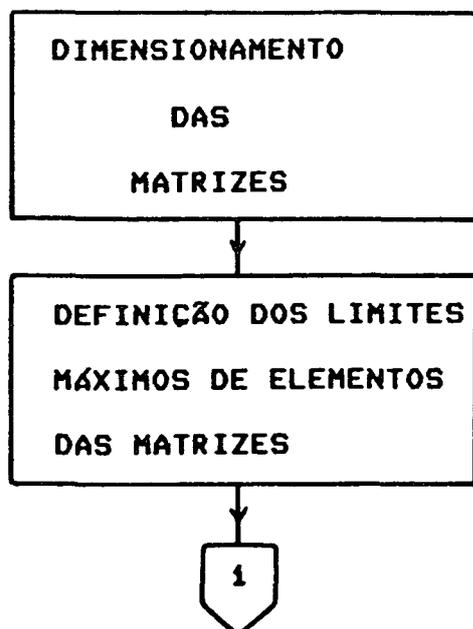
Observando a tabela 8 nota-se que no segundo ajustamento, por exemplo, a altitude ajustada da referência de nível denominada "TI2", quando comparada com a ajustada do primeiro ajustamento, apresentou uma diferença de + 30,2 cm. O mesmo valor, em valor absoluto, ocorreu no quinto ajustamento com a referência de nível "TI1", quando comparada com a altitude ajustada do primeiro ajustamento. Deste fato conclui-se que a ausência de um dos 4 pontos fixos nos extremos da rede, da figura 7, causou a diferença máxima entre as altitudes ajustadas.

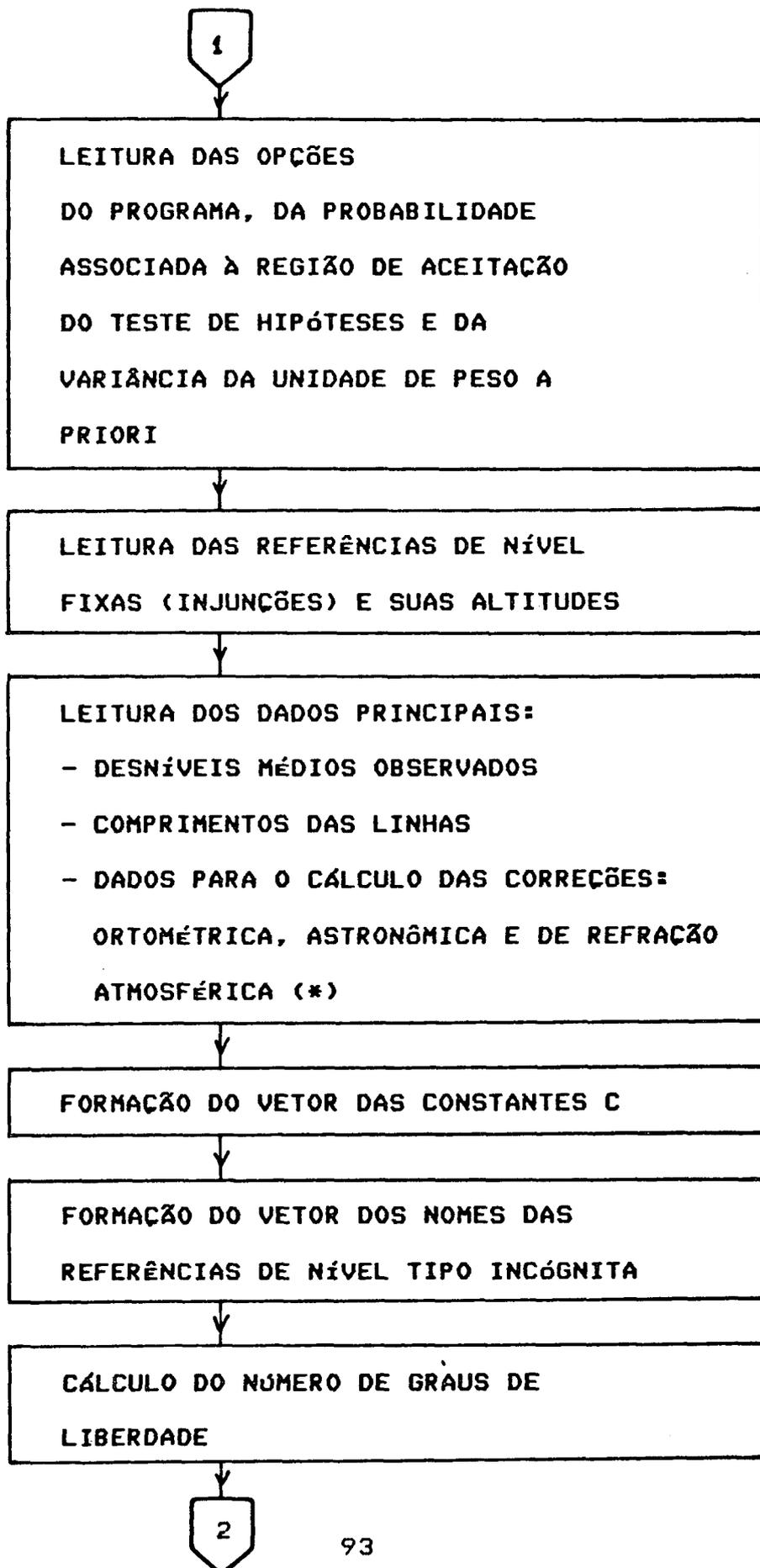
## CAPÍTULO VI

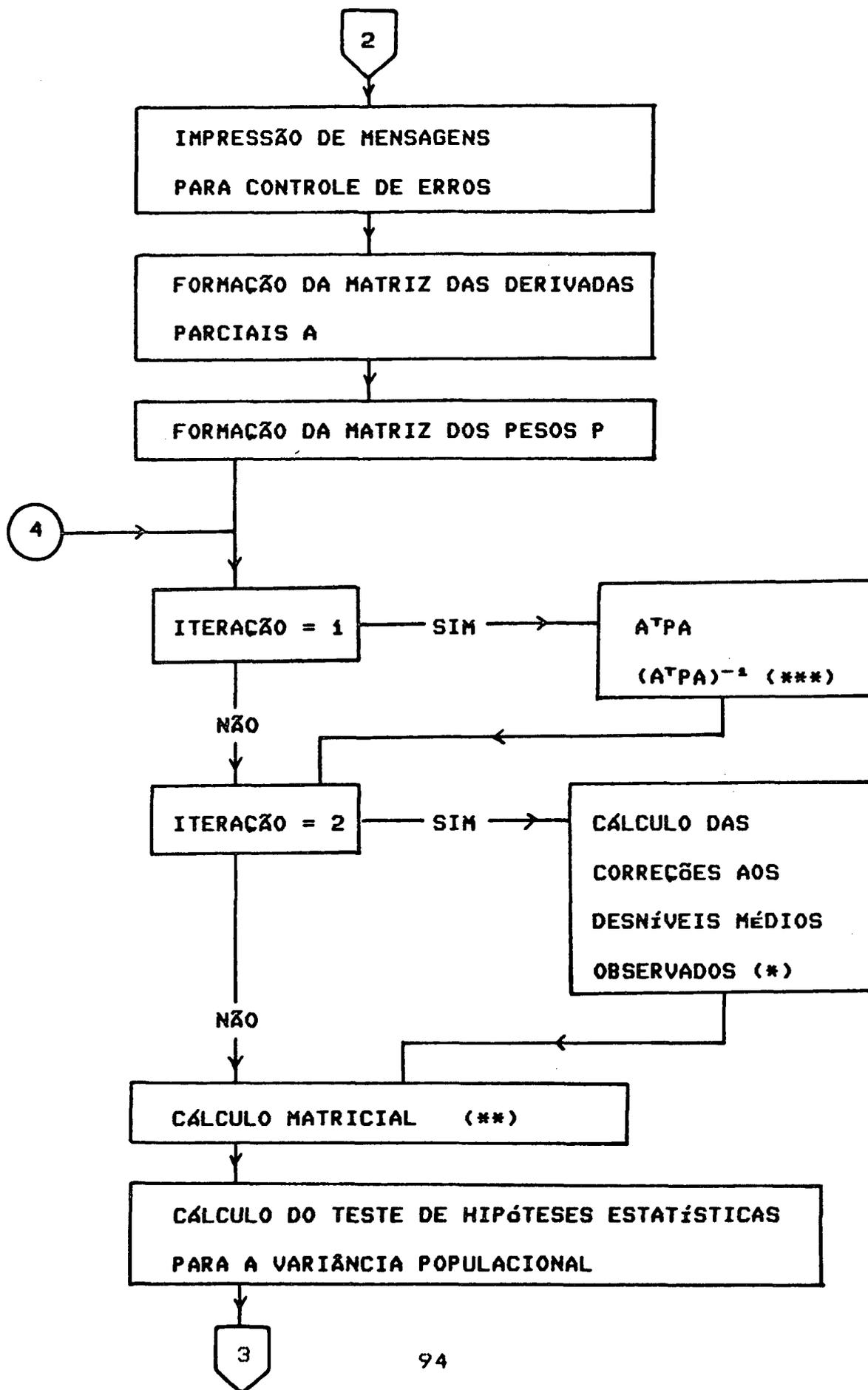
### DIAGRAMA DE BLOCOS E DESCRIÇÃO DO PROCESSAMENTO DOS DADOS

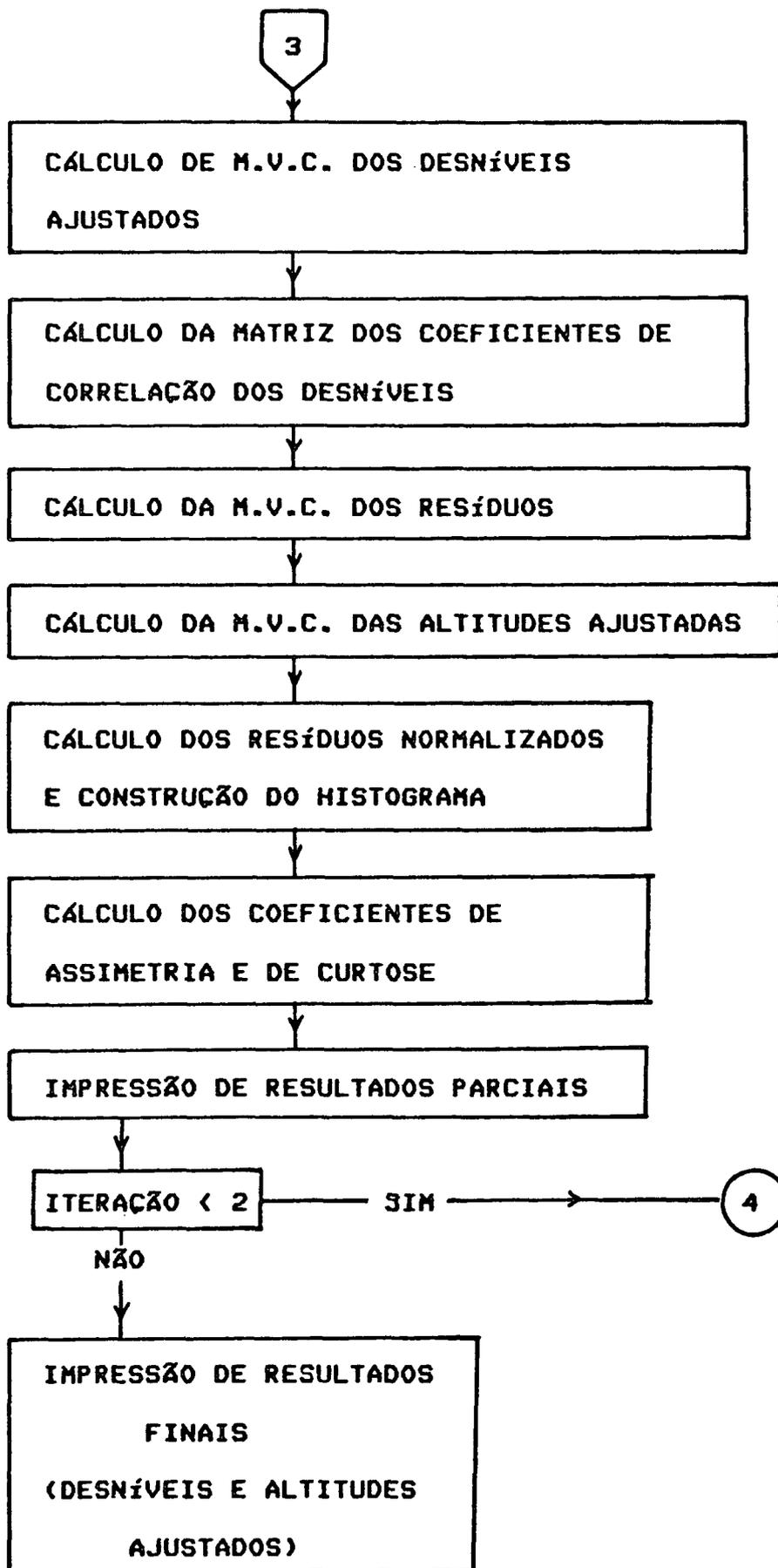
O diagrama apresentado a seguir traduz as etapas principais ao longo do processo do ajustamento de uma rede altimétrica. Não foram apresentados detalhes como a manipulação das matrizes e dos vetores neste esquema, pois a intenção é, neste capítulo, de apresentar a visão geral das fases do ajustamento.

Foram feitos ajustamentos com as duas redes altimétricas teste através de um programa em linguagem **FORTRAN IV** considerando como dados aqueles referentes às redes altimétricas apresentadas nas figuras 7 e 18. Na primeira rede existem 14 observações e na outra há 56 observações. Os resultados destes processamentos estão apresentados nos anexos 3 e 4, respectivamente.









Onde:

(\*) Nesta dissertação não foram processadas as correções astronômica e de refração atmosférica por estar se trabalhando com redes altimétricas que apresentam insuficiência de dados relativos a estas correções.

(\*\*) O cálculo matricial envolve todas as operações matriciais necessárias com chamadas de subprogramas (subrotinas).

(\*\*\*) Para a inversão da matriz  $A^T P A$  no programa foram inseridas três subrotinas com este objetivo. A subrotina denominada "JORDAN" (de origem canadense) executa a inversão pelo método de Gauss com pivoteamento, a subrotina "MINVER" (de origem estadunidense) executa a inversão através do método de Gauss-Jordan e a subrotina "MODROB" executa a inversão de matrizes simétricas utilizando a subrotina "VERSOL" recomendada por [21].

#### Descrição do processamento dos dados:

O programa desenvolvido para este trabalho foi feito em linguagem FORTRAN IV e encontra-se implantado no Sistema 3081 - MVS/XA - (International Business Machines Corporation - I.B.M.) da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em área de memória auxiliar reservada para o Departamento de Geodésia, localizado na cidade do Rio de Janeiro. Para o processamento deste programa utiliza-se um arquivo em linguagem JCL (Job Control) com instruções relativas aos tempos previstos de execução do programa e de utilização da unidade central de processamento (U.C.P.), previsão do número de

registros a serem escritos, via impressora, denominação da biblioteca onde encontra-se o programa em módulo de carga, arquivos de dados utilizados pelo programa (temporários e permanentes), etc... Pode-se, também, ler dados diretamente do arquivo JCL ao invés de serem lidos em arquivos tipo DATA, seqüenciais ou particionados, alocados e definidos a priori.

Desta forma, foi criado um JCL específico para o ajustamento altimétrico com um conjunto de instruções relativas aos arquivos de dados utilizados pelo próprio programa e às outras exigências do JCL.

O programa permite um ajustamento em que tenha no máximo 100 incógnitas, isto é, 100 referências de nível com altitudes desconhecidas a serem determinadas no final do processamento. Há também um número limitado de observações e de pontos fixos para o ajustamento simultâneo.

Após o superdimensionamento das matrizes e a definição destes valores limites de número de elementos das matrizes, é feita a leitura das opções do programa, da probabilidade associada à região de aceitação do teste de hipóteses e também é feita a leitura da variância da unidade de peso a priori no arquivo JCL. A leitura do nome das referências de nível fixas e suas altitudes é feita em seguida.

Os dados principais (desníveis, distâncias e latitudes das referências de nível de partida e chegada das observações) são lidos pelo programa em um arquivo de dados já existente antes do processamento ser executado.

Para a formação do vetor das constantes C foi elaborado

um algoritmo que utiliza as altitudes fixas das injunções, e para a formação do vetor dos nomes das referências de nível tipo incógnita há outro algoritmo próprio que utiliza os nomes das referências de nível de partida e de chegada das observações e o nome das referências de nível fixas.

Para a formação da matriz das derivadas parciais  $A$  são utilizados os nomes das referências de nível de partida e de chegada das observações e o vetor contendo o nome das referências de nível tipo incógnita, e para a formação da matriz dos coeficientes de peso que, no caso, é uma matriz diagonal, são utilizadas as distâncias lidas do arquivo principal de dados.

Na primeira iteração é calculada a matriz  $A^T P A$  e a sua inversa. Na segunda iteração são feitos os cálculos das correções ortométricas dos desníveis médios observados. Todas as operações matriciais do ajustamento são feitas através de chamadas de subrotinas específicas. As iterações no processamento dos dados valem apenas para o cálculo das correções ortométricas e não devem ser confundidas com o conceito clássico de processo iterativo com valores aproximados para convergência.

É feito o teste de hipóteses estatísticas para a variância populacional com base na distribuição de Qui-quadrado com pesquisa da tabela em um arquivo sequencial próprio e definido a priori, e é armazenada em uma variável tipo texto a situação de aceitação ou rejeição do teste. São feitos em seguida os cálculos das matrizes variância-covariância dos des-

níveis ajustados, dos resíduos e das altitudes ajustadas, assim como o cálculo da matriz dos coeficientes de correlação dos desníveis.

São feitos os cálculos dos resíduos normalizados e é construído um histograma de frequências (relativas e absolutas) em função destes resíduos.

Para cada iteração são geradas tabelas contendo desníveis observados, distâncias, desníveis ajustados e seus desvios-padrão, assim como também é gerada uma tabela com as altitudes ajustadas e seus desvios-padrão.

Na segunda e última iteração são gerados os resultados finais do ajustamento (desníveis e altitudes ajustados) com a influência das correções ortométricas.

Segundo [30] existem programas bem elaborados para o ajustamento de grandes redes geodésicas na Agência Cartográfica de Defesa (D.M.A.) que fornece apoio cartográfico e geodésico à Secretaria de Defesa do Estado Maior Conjunto, aos Departamentos Militares e a outros componentes do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Dentre estes programas há um, denominado "LEVEL", que, aproximadamente, levou 6 anos para ser elaborado e otimizado por equipe especializada antes de ser utilizado, por aquele departamento, no ajustamento de redes altimétricas.

No I.B.G.E. foram feitos testes exaustivos com este programa e observou-se que, para pequenas redes de nivelamento, sua aplicação é válida, desde que não estejam incluídos, nas observações, ramais muito extensos da rede. Uma particulari-

dade deste programa é a sua versatilidade no que diz respeito aos resultados, porque, apesar de não executar testes estatísticos, ele gera, automaticamente, altitudes ajustadas para todas as referências de nível tipo incógnita das seções que compõem as linhas de nivelamento da rede, além das altitudes ajustadas das referências de nível tipo nó. Diante de certas limitações deste programa, notou-se a necessidade da implantação de outro programa para se ter mais controle e confiabilidade dos resultados. Este novo programa é o utilizado para os ensaios desta dissertação.

O programa utilizado nesta dissertação encontra-se em sua configuração inicial com previsão de otimização posterior (melhor estruturação do programa principal e melhor estruturação e modularização dos subprogramas), motivo pelo qual não é apresentada uma cópia do módulo fonte em sua versão atual.

## CAPÍTULO VII

### CUIDADOS COM A MANUTENÇÃO DE UMA REDE ALTIMÉTRICA DE ALTA PRECISÃO E O FATOR TEMPO ENTRE AS OBSERVAÇÕES

Não só basta ajustar um conjunto de observações de nivelamento geométrico como também deve-se ter em mente que os desníveis observados devem ser "atualizados" de alguma forma ao longo do tempo. Medidas corretivas (renivelamentos, verificações de início e fim de linhas, etc...) devem ser tomadas de forma a se saber a validade das observações ao longo do tempo.

As intempéries e o homem têm colaborado para a destruição total ou parcial das referências de nível no terreno, como acontece em várias partes do mundo. Os países que possuem uma rede de controle vertical têm se preocupado com estes fatos e apresentam projetos de manutenção de suas observações e seus marcos monumentalizados ao longo do tempo. No Brasil têm sido, também, feitos trabalhos de campo de recuperação de linhas de nivelamento e de densificação da cobertura em determinadas regiões com a execução de nivelamento geométrico em levantamentos especializados compatíveis com a precisão desejada.

Existem situações onde podem ser feitos trabalhos de verificação de desníveis observados de determinadas linhas e/ou ramais através de repetição de operações de nivelamento e contra-nivelamento, com o objetivo de melhorar a precisão de

trabalhos feitos anteriormente. Outras situações pedem que sejam executados nivelamento com o propósito de repetições de trechos de linhas devido à destruição de referências de nível. Ainda podem-se citar os casos onde linhas completas devem ser refeitas devido ao mesmo problema.

Há também outros casos onde são feitas novas medições de campo e em todos estes casos surge um conjunto de novas observações a serem ajustadas em conjunto com aquelas que já foram ajustadas em alguma ocasião anterior.

Quando surge a necessidade de se nivelar uma nova linha de nivelamento, partindo de uma linha já nivelada, devem ser feitas observações em pelo menos 3 seções da linha antiga para efeito de confirmação dos desníveis. Procedendo-se desta forma reduz-se a probabilidade de se cometer erros no que diz respeito às referências de nível por deslocamentos naturais ou provocados pelo homem.

Outro problema encontrado é o tipo de tratamento que deve ser dado às observações efetuadas em diferentes épocas. O intervalo de tempo máximo entre estas observações pode alcançar 66 anos, como ocorreu no ajustamento da Rede de Nivelamento Européia de 1979 através do projeto United European Levelling Network (U.E.L.N.) [6].

As observações que foram ajustadas relativas à rede da figura 18 do A.A.G.P. são consideradas heterogêneas, pois houve o emprego de instrumental de tipos diferentes e a adoção de especificações técnicas diferentes (tolerâncias para controle dos trabalhos) ao longo do tempo, desde o ano de

1945, perfazendo um intervalo de 43 anos.

## CAPÍTULO VIII

### A GRAVIMETRIA E O NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DE ALTA PRECISÃO

A gravimetria tem um papel importante no nivelamento geométrico de alta precisão. Por definição, a altitude ortométrica de uma referência de nível qualquer é a razão entre o número geopotencial deste ponto e um valor médio da gravidade real ao longo da vertical passante por este mesmo ponto e o geóide.

Sabe-se, portanto, que no Brasil utiliza-se como altitude a soma dos desníveis brutos (observados) dados pela operação de nivelamento geométrico corrigidos do não paralelismo das superfícies equipotenciais do campo da gravidade normal terrestre (correção ortométrica).

Em consequência deste não paralelismo, os desníveis parciais observados dependerão do percurso seguido no nivelamento, isto é, para cada caminho arbitrário corresponderá uma altitude para a referência de nível o que, obviamente, não ocorre com os números geopotenciais que só dependem dos pontos início e fim da linha nivelada (Figura 17).

O mapa geoidal mais recente do Brasil, datado de 1987 e elaborado pelo I.B.G.E., apresenta ainda baixa precisão se for utilizado para obtenção do desnível ou altura geoidal através de interpolação. As curvas nele encontradas foram obtidas através do emprego do modelo geopotencial O.S.U. 86 - E (Ohio State University) combinado com observações Doppler

sobre pontos nivelados no terreno [8]. Sabe-se também que as estações gravimétricas existentes e em operação no país ainda são insuficientes para se elaborar um mapa geoidal que atenda às precisões requeridas no nivelamento geométrico de alta precisão. Desta forma conclui-se que, devido aos ainda grandes vazios gravimétricos, não se pode obter, através de métodos absolutos, os valores da gravidade com precisão suficiente que atenda às necessidades do nivelamento em questão.

Como é a relação existente entre o campo da gravidade real terrestre e a rede de nivelamento?

Será apresentada e comentada a conexão entre as diferenças de altitudes observadas a partir do nivelamento geométrico de alta precisão e o campo da gravidade real da Terra.

Para começar, algumas considerações introdutórias serão feitas relativas ao campo da gravidade real. Então, a conexão entre as operações de nivelamento e as características do campo da gravidade real serão discutidas a seguir.

O campo da gravidade real da Terra é o resultante de dois campos vetoriais: a aceleração da gravidade, devido à atração das massas terrestres, e a aceleração centrífuga, devido ao movimento de rotação da Terra [22]. Ao invés de se usar este campo vetorial, tem sido conveniente, em Geodésia, representar o campo da gravidade terrestre por um potencial escalar do campo através de superfícies equipotenciais (geopotenciais), também denominadas **geopes**. Uma superfície geopotencial é uma superfície equipotencial do campo da gravidade real sobre a qual está associado o potencial  $W$  devido aos

efeitos gravitacional e centrífugo, e é constante e usualmente pode ser expresso por  $W = \text{const.}$ . O geóide é uma destas superfícies geopotenciais.

As superfícies geopotenciais são irregulares, não são paralelas entre si e geralmente convergem a partir do Equador em direção aos pólos (figura 15). A direção do vetor da gravidade  $g$  é tangencial às linhas curvas da força (linhas de prumo) que são sempre perpendiculares às superfícies geopotenciais (Figura 15). A direção da gravidade está usualmente referida à direção da linha de prumo ou à direção da vertical. A diferença de potencial,  $dW$ , entre as duas superfícies geopotenciais adjacentes,  $W = \text{const.}$  e  $W + dW = \text{const.}$  (Figura 15) é o valor constante que representa o trabalho necessário para mover uma massa unitária de uma superfície geopotencial à outra, e é dado por:

$$dW = - g_i dh_i \quad (8.1.)$$

Onde  $g_i$  é a magnitude do vetor da gravidade e  $dh_i$  é a distância diferencial que separa as duas superfícies geopotenciais em questão em um certo ponto  $i$ . Já que o valor da gravidade varia de um ponto a outro e  $dW$  não varia, pode-se ver que a separação  $dh$  não é constante. Por exemplo, este valor é máximo no Equador,  $dh_e$ , e é mínimo nos pólos,  $dh_p$  (Figura 15). Tais superfícies equipotenciais são superfícies sujeitas a perturbações, e afetam os levantamentos (medições) de várias maneiras.

No nivelamento geométrico usa-se uma mistura de instrumentos geométricos (miras) e um instrumento com mecanismos associados à gravidade (nível). O eixo vertical definido pelo nível, quando o instrumento encontra-se calado através do dispositivo de bolhas ou pendular, é alinhado tangencialmente à linha de força local (Figura 16), enquanto que os fios niveladores quando lidos nas miras fornecem a diferença de altitudes, dh.

FIGURA 15 : SISTEMA DE SUPERFÍCIES GEOPOTENCIAIS E LINHAS DE PRUMO

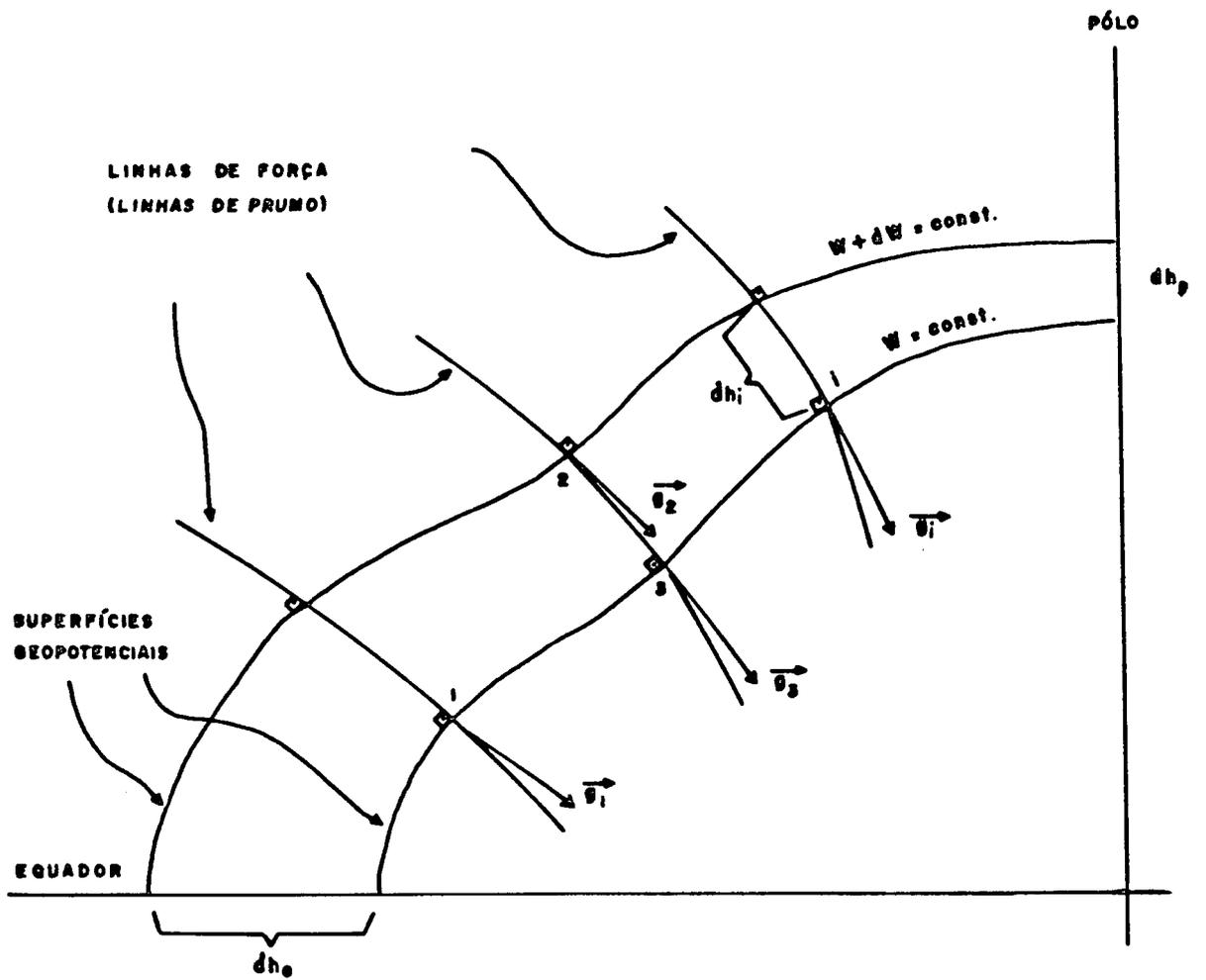
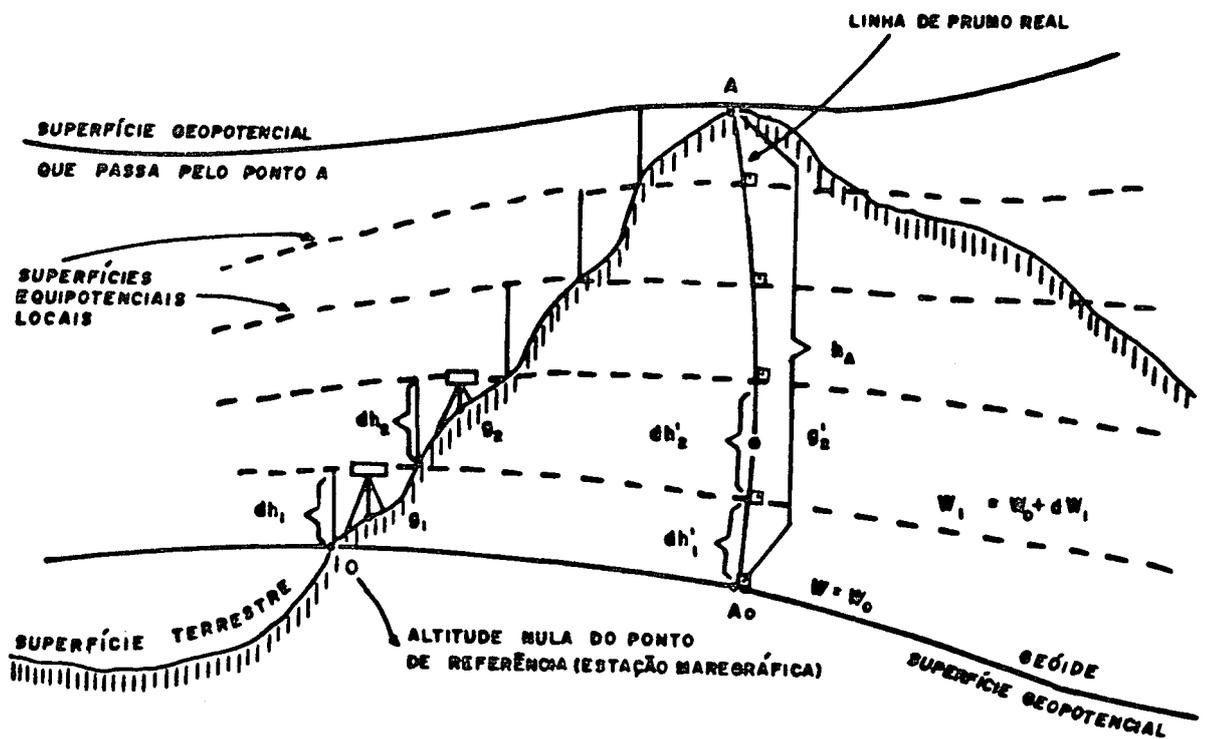


FIGURA 16 : DIFERENÇAS DE ALTITUDES OBSERVADAS A PARTIR DE OPERAÇÕES DE CAMPO EM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO



A altitude ortométrica  $h_A$  do ponto A é definida como a distância entre este ponto e o geóide, medida ao longo da linha de prumo real de A. Por outro lado, devido à natureza do nivelamento geométrico, a diferença de altitude medida é a distância geométrica,  $dh$ , entre as superfícies geopotenciais acima da superfície terrestre, com oposta à sua separação,  $dh'$ , com a crosta terrestre abaixo do ponto A no terreno. (Figura 16). Fazendo  $h_A = \int_{A_0}^A dh'$ , e examinando a figura 16, nota-se o fato que o somatório das distâncias diferenciais medidas  $dh$  entre o ponto O de referência e o ponto A em questão, não é igual à altitude  $h_A$ , simplesmente porque  $dh \neq dh'$ . Conseqüentemente, esse somatório depende do caminho escolhido no nivelamento entre os pontos O e A, e geralmente adquire um valor diferente para cada rota diferente conectando os mesmos dois pontos como ilustrado na figura 17. Em outras palavras, se o caminho percorrido no nivelamento for desenvolvido em um circuito fechado esse somatório geralmente não será nulo, isto é:

$$\oint dh \neq 0 \quad (8.2.)$$

Por outro lado, se os valores observados da gravidade,  $g$ , forem incorporados às diferenças de altitudes niveladas,  $dh$ , sobre este circuito fechado, e se as diferenças em potencial,  $dw = g dh$ , forem usadas ao invés de  $dh$  apenas, esse erro de fechamento de circuito desaparece. Isto ocorre devido ao potencial do campo da gravidade real terrestre ter um úni-

co valor para cada ponto. Desta forma, isto dá teoricamente um fechamento nulo neste circuito, que pode ser escrito como:

$$\oint g \, dh = \oint dw = 0 \quad (8.3.)$$

Esta aproximação é o conceito básico que está associado ao uso dos tão chamados "números geopotenciais" como uma quantidade comum para a definição única de qualquer sistema de altitudes [20].

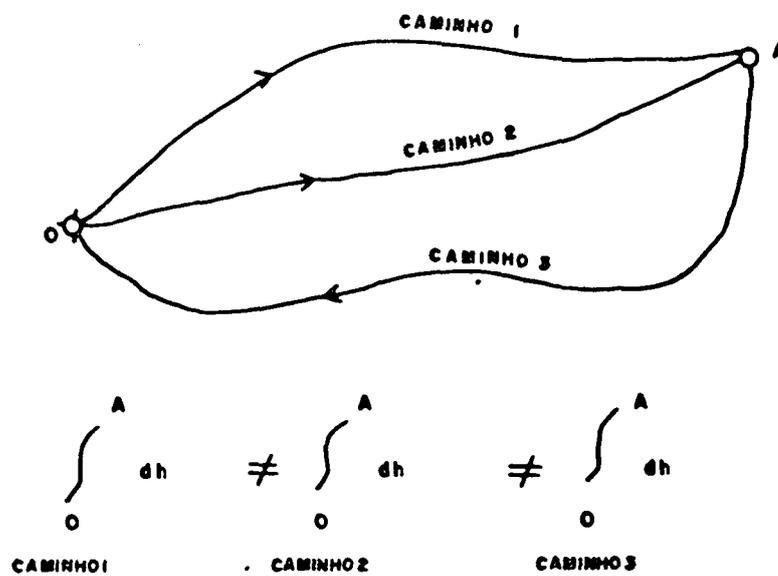
Como uma aproximação alternativa, que foi encontrada conveniente na prática, é a aplicação de correções apropriadas para as diferenças de altitudes observadas com o objetivo de considerar o não paralelismo das superfícies equipotenciais. Estas correções têm sido expressas em termos de valores reais da gravidade obtidos em referências de nível consecutivas ao longo do caminho seguido no nivelamento a fim de produzir altitudes únicas e precisas dos pontos sobre a superfície terrestre acima de um datum escolhido.

Conclui-se que se pode dizer que os resultados do nivelamento geométrico de alta precisão sem o acompanhamento de medições gravimétricas não são úteis, do ponto de vista rigoroso de precisão, já que levam, em geral, a um fechamento não nulo, e conseqüentemente não definem altitudes únicas de pontos no terreno.

Segundo [32] o nivelamento geométrico de alta precisão necessita de um tratamento em conjunto com a gravimetria,

pois somente desta forma trabalhar-se-á com altitudes científicas ao invés de altitudes puramente geométricas. O campo de gravidade real terrestre influi, de fato, nas observações de nivelamento geométrico, comprometendo a rede e suas altitudes ajustadas.

FIGURA 17 : CAMINHOS PERCORRIDOS NAS OPERAÇÕES DE CAMPO EM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO



## CAPÍTULO IX

### UMA METODOLOGIA PARTICULAR PARA UM AJUSTAMENTO PRELIMINAR

#### 9. UMA SOLUÇÃO PARA O CASO DE AJUSTAMENTO DE GRANDES REDES ALTIMÉTRICAS

O procedimento aqui apresentado para o problema se baseia no princípio apresentado no capítulo VIII do ajustamento em blocos com algumas diferenças e particularidades. O ajustamento, da rede da figura 18, foi adotado de forma particularizada e apresenta um metodologia própria que será aqui descrita com o máximo de detalhes. Esta rede apresenta 56 observações e 37 incógnitas.

Esta metodologia está sendo empregada na etapa de Ajustamento Altimétrico Global Preliminar (A.A.G.P.) do Projeto de Reajustamento da Rede Altimétrica (REALT) da Divisão de Pesquisas e Análises (DIPAN) do Departamento de Geodésia (DEGED) da Diretoria de Geociências (D.G.C.) do I.B.G.E. [26].

Um "croquis" da rede em questão é apresentado na figura 18 e os dados principais (denominação das referências de nível de partida e de chegada, desníveis médios observados e comprimentos das linhas e ramais) para o ajustamento dos macrocircuitos estão apresentados na tabela 12.

##### 9.1. AJUSTAMENTO DE CIRCUITOS PRINCIPAIS (MACROCIRCUITOS)

TOS)

A figura 18 mostra macrocircuitos de nivelamento de alta precisão que foram selecionados para definir uma rede principal, que foram objeto de um ajustamento simultâneo. Foram, então, geradas altitudes para as referências de nível tipo incógnita desta rede.

Cada macrocircuito contém circuitos em seu interior que serão ajustados separadamente em etapas distintas. Os pontos fixos destes ajustamentos são aquelas referências de nível tipo nó que limitam as linhas de nivelamento que possuíram altitudes ajustadas a partir do ajustamento dos macrocircuitos.

Para os ensaios sugeridos nas etapas relativas aos ajustamentos neste trabalho foi adotada apenas a correção ortométrica e foi aplicada aos desníveis observados que compõem a rede altimétrica da figura 18. Foram feitos testes relativos ao cálculo das correções ortométricas acumuladas considerando desníveis de seções de nivelamento ao longo de uma linha e chegou-se à conclusão que, quando comparadas com a correção ortométrica calculada para o desnível total da linha, esta diferença não excedeu a  $4 \text{ mm} \sqrt{\text{km}}$ , que é a tolerância máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma linha. Este procedimento é uma aproximação, pois a variação da superfície física terrestre não é considerada, quando adota-se a metodologia de cálculo para o desnível total da linha, não retratando a realidade do terreno completamente.

Na figura 19 são encontrados os erros de fechamento dos macrocircuitos e seus perímetros da R.C.V.A.P.S.G.B..



**LEGENDA:**

- ④ : Numeração de macro-circuito
- : Sentido considerado para o sinal dos desníveis

FIGURA 18: REDE ALTIMÉTRICA COMPOSTA DE CIRCUITOS PRINCIPAIS (MACRO-CIRCUITOS) DA REDE DE CONTROLE VERTICAL DE ALTA PRECISÃO DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (R.C.V.A.P.S.G.B.)



**LEGENDA:**

+ 0,1519 : Erro de fechamento de circuito (em metros)  
 276,38: Perímetro do circuito (em quilômetros)

FIGURA 19 : ERROS DE FECHAMENTO E PERÍMETROS DOS MACRO-CIRCUITOS DA R.C.V.A.P.S.G.B.

Para todos estes ajustamentos mencionados neste capítulo foram aplicadas nas observações as correções ortométricas apenas. A correção astronômica e a correção de refração atmosférica aplicadas aos desníveis das seções e lances de nivelamento, respectivamente, requerem dados que não estão, no momento, homogêneos ao longo da rede. Existe ainda insuficiência de informações de temperaturas, registro de hora das medições de campo e posições geodésicas aproximadas das referências de nível, organizadas em meio magnético.

Na tabela 13 são apresentados os valores dos desníveis ajustados e seus desvios-padrão, assim como os resíduos.

Na tabela 14 são apresentados os valores das altitudes ajustadas e seus desvios-padrão com a influência das correções ortométricas.

Na tabela 15 são apresentados os números de observações ajustadas e rejeitadas, por macrocircuito, da R.C.V.A.P.S.G.B. que compõem a fase de ajustamento preliminar do projeto de Reajustamento Altimétrico (REALT). Para ter-se uma idéia do volume de dados que foram rejeitados nesta fase do projeto, encontra-se, na mesma tabela, o número total de desníveis de linhas que foram, a priori, rejeitadas por apresentarem discrepâncias fora das especificações [12].

Este baixo índice de rejeição demonstra que, apesar da heterogeneidade das observações, a qualidade final dos dados é muito boa.

TABELA 12: Lista de observações dos circuitos principais (macrocircuitos) do A.A.G.P. da R.C.V.A.P.S.G.B.

LINHA	RN DE PARTIDA	RN DE CHEGADA	DESNÍVEIS (metros)	DISTÂNCIAS (km)
1	1900S	1777X	-523,8375	601,39
2	1777X	1900S	523,8844	2060,81
3	1900S	1719B	-275,2757	696,90
4	1719B	CH 2015S	674,9476	587,80
5	CH 2015S	2050Z	-902,5657	456,17
6	2050Z	P 4P	- 23,5925	324,48
7	P 4P	4X	- 11,0222	12,66
8	P 4P	1777X	2,8368	154,76
9	1719B	1560B	250,6625	338,73
10	1560B	1578A	44,5194	616,57
11	1578A	CH 2015S	379,9713	650,79
12	1578A	1254Z	-244,0753	434,18
13	1254Z	CH 43X	288,7472	627,68
14	CH 43X	U 9018V	-122,2582	759,13
15	U 9018V	2050Z	-444,9979	1431,11
16	1560B	1206F	- 53,1308	892,76
17	1206F	1254Z	-146,2334	1091,13
18	1206F	724C	-247,2421	308,29
19	724C	735M	128,2241	422,63
20	735M	1362J	608,5933	823,89
21	1362J	69M	230,8075	758,38
22	69M	CH 43X	-577,8172	630,30
23	69M	81J	-469,4807	80,56
24	81J	176Z	-700,6248	1356,16
25	176Z	U 9018V	470,0524	754,17
26	81J	156Y	261,5770	805,00
27	156Y	1094G	-787,8800	577,50
28	1094G	176Z	-174,4918	792,78
29	1362J	903V	-194,9984	469,78
30	903V	CH 900L	-311,0092	92,26
31	CH 900L	901T	238,6357	70,00
32	901T	156Y	290,0461	808,37
33	901T	CH 276K	-439,8755	551,77
34	CH 276K	CH 238F	- 54,6721	199,44
35	CH 238F	1094G	- 3,3410	712,28
36	CH 276K	CH 335I	125,9754	575,30
37	CH 335I	CH 345H	51,2419	237,63
38	CH 345H	CH 379U	-419,4232	544,24
39	CH 379U	CH 238F	187,4992	1147,48
40	CH 345H	464L	-353,0063	684,01
41	464L	CH 379U	- 66,5827	898,99
42	CH 900L	CH 805T	-102,8382	907,10
43	CH 805T	578J	-218,9703	69,55
44	578J	CH 335I	246,5640	637,41
45	578J	554J	- 76,8557	557,00

## ( CONTINUAÇÃO DA TABELA 12 )

LINHA	RN DE PARTIDA	RN DE CHEGADA	DESNÍVEIS (metros)	DISTÂNCIAS (km)
46	554J	464J	21,7301	1077,71
47	CH 805T	923C	-243,0035	895,78
48	923C	929T	- 36,9489	168,30
49	929T	554J	- 16,0057	1196,30
50	903V CH	678H	-471,2576	529,96
51	CH 678H	923C	-185,5140	947,06
52	735M	1268Z	17,3278	539,91
53	1268Z CH	678H	- 74,8386	396,84
54	724C	1215Z	71,6888	3279,51
55	1215Z	1268Z	74,1049	422,12
56	1215Z	929T	-223,2189	1574,62

TABELA 13: Lista de desniveis ajustados, seus desvios-padrão e resíduos do A.A.G.P. da R.C.V.A.P.S.G.B.

LINHA	RN DE PARTIDA	RN DE CHEGADA	DESNÍVEIS AJUSTADOS (metros)	DESVIOS-PADRÃO (cm)	RESÍDUOS (milímetros)
1	1900S	1777X	-523,8132	5,34	58,17
2	1777X	1900S	523,8132	5,34	-105,07
3	1900S	1719B	-275,2790	6,13	-102,94
4	1719B	CH 2015S	674,9248	5,13	19,58
5	CH 2015S	2050Z	-902,6260	5,09	- 27,18
6	2050Z	P 4P	- 23,6458	4,62	- 47,93
7	P 4P	4X	- 11,0221	0,98	0,00
8	P 4P	1777X	2,8128	3,32	- 22,86
9	1719B	1560B	250,6231	4,55	- 61,32
10	1560B	1578A	44,4904	5,22	- 32,65
11	1578A	CH 2015S	379,8113	5,48	- 60,45
12	1578A	1254Z	-243,9899	5,06	17,33
13	1254Z	CH 43X	288,7053	5,89	- 38,55
14	CH 43X	U 9018V	-122,3421	6,02	- 26,55
15	U 9018V	2050Z	-445,1879	7,86	-126,13
16	1560B	1206F	- 53,1148	6,45	-114,32
17	1206F	1254Z	-146,3847	6,39	-110,56
18	1206F	724C	-247,2034	4,59	- 8,24
19	724C	735M	128,2452	5,09	12,17
20	735M	1362J	608,6161	5,97	13,96
21	1362J	69M	230,5453	5,90	- 47,34
22	69M	CH 43X	-577,8826	5,74	16,67
23	69M	81J	-469,4989	2,41	- 7,16
24	81J	176Z	-700,7122	6,49	- 57,28
25	176Z	U 9018V	469,9864	6,34	- 40,09
26	81J	156Y	261,6863	5,90	- 37,54
27	156Y	1094G	-787,8696	5,38	1,70
28	1094G	176Z	-174,5289	6,32	- 8,66
29	1362J	903V	-194,8337	4,95	37,29
30	903V	CH 900L	-311,0056	2,55	5,09
31	CH 900L	901T	238,6385	2,24	3,89
32	901T	156Y	289,9335	5,77	40,08
33	901T	CH 276K	-439,8779	5,09	3,30
34	CH 276K	CH 238F	- 54,6753	3,59	- 4,78
35	CH 238F	1094G	- 3,3828	5,99	- 9,89
36	CH 276K	CH 335I	126,0266	5,21	17,23
37	CH 335I	CH 345H	51,2589	3,92	2,58
38	CH 345H	CH 379U	-419,4577	5,04	- 34,14
39	CH 379U	CH 238F	187,4969	6,52	11,58
40	CH 345H	464L	-352,9373	5,38	50,35
41	464L	CH 379U	- 66,5204	5,84	65,47
42	CH 900L	CH 805T	-102,7726	5,72	- 0,39
43	CH 805T	578J	-218,9753	2,24	- 3,97
44	578J	CH 335I	246,5351	5,42	- 12,17

## ( CONTINUAÇÃO DA TABELA 13 )

LINHA	RN DE PARTIDA	RN DE CHEGADA	DESNÍVEIS AJUSTADOS (metros)	DESVIOS-PADRÃO (cm)	RESÍDUOS (milímetros)
45	578J	554J	- 76,8720	5,29	- 21,20
46	554J	464J	21,7286	6,81	- 0,84
47	CH 805T	923C	-242,9473	5,90	50,80
48	923C	929T	- 36,9395	3,39	8,03
49	929T	554J	- 15,9605	6,65	44,60
50	903V	CH 678H	-471,2372	5,12	12,84
51	CH 678H	923C	-185,4883	6,14	- 8,50
52	735M	1268Z	17,3948	5,34	6,39
53	1268Z	CH 678H	- 74,8496	4,77	- 13,18
54	724C	1215Z	71,5734	7,68	-182,04
55	1215Z	1268Z	74,0665	5,06	- 19,02
56	1215Z	929T	-223,2109	7,35	- 16,46

TABELA 14: Lista de altitudes ajustadas preliminares das referências de nível da R.C.V.A.P.S.G.B. e seus desvios-padrão.

R.N.	ALTITUDES AJUSTADAS (metros)	DESVIOS-PADRÃO (cm)
1900S	546,2843	5,99
1777X	22,4711	3,46
1719B	271,0053	6,77
CH 2015S	945,9301	6,37
2050Z	43,3042	4,72
P 4P	19,6583	0,98
1560B	521,6284	7,49
1578A	566,1188	7,62
1254Z	322,1289	8,35
CH 43X	610,8342	8,94
U 9018V	488,4921	8,84
1206F	468,5136	8,95
724C	221,3103	9,55
735M	349,5554	10,00
1362J	958,1715	10,17
69M	1188,7168	9,67
81J	719,2179	9,78
176Z	18,5057	9,99
156Y	980,9042	10,47
1094G	193,0346	10,52
903V	763,3378	10,30
CH 900L	452,3322	10,34
901T	690,9707	10,39
CH 276K	251,0928	10,92
CH 238F	196,4175	10,99
CH 335I	377,1193	11,42
CH 345H	428,3782	11,72
CH 379U	8,9205	12,04
464L	75,4409	12,20
CH 805T	349,5596	11,24
578J	130,5843	11,28
554J	53,7123	11,85
923C	106,6123	11,41
929T	69,6728	11,52
CH 678H	292,1006	10,70
1268Z	366,9502	10,57
1215Z	292,8837	11,22

OBS: Estas altitudes (provisórias) não devem ser utilizadas para cálculos de qualquer natureza, pois estão sendo feitos estudos pelo I.B.G.E. para validá-las.

TABELA 15: Número de observações ajustadas e rejeitadas, por macro-circuito, da R.C.V.A.P.S.G.B..

MACROCIRCUITO	NÚMERO DE OBSERVAÇÕES AJUSTADAS	NÚMERO DE OBSERVAÇÕES REJEITADAS
1	56	2
2	77	2
3	24	1
4	40	4
5	17	5
6	12	0
7	10	3
8	56	7
9	23	1
10	20	1
11	14	2
12	17	5
13	-	-
14	16	1
15	15	-
16	54	1
17	51	2
18	41	8
19	19	0
SOMATÓRIOS	619	47
TOTAL	666	

OBS: O número de observações rejeitadas para o A.A.G.P. representa 7,6% do total de observações da rede.

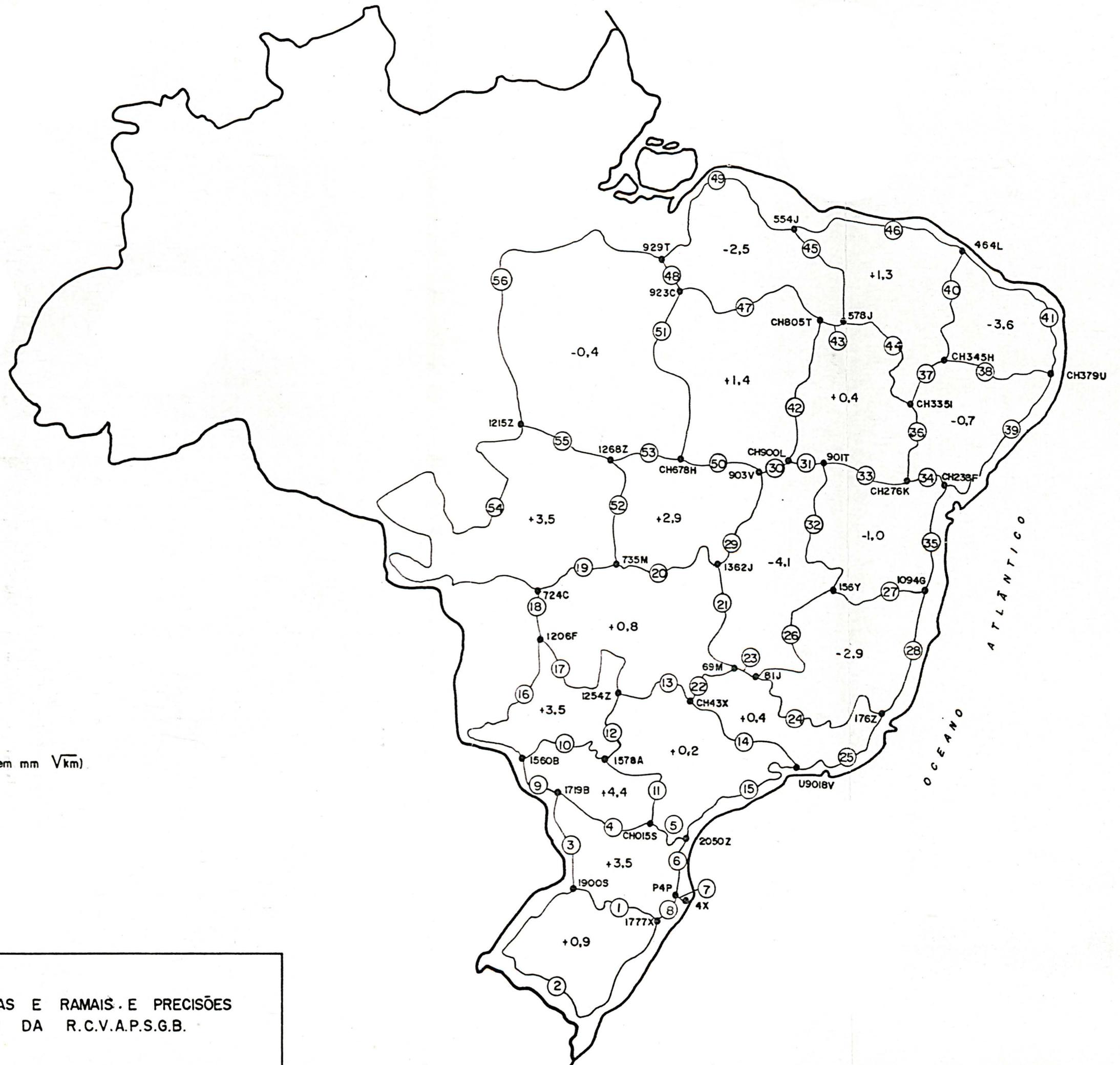
Na figura 20 é apresentada a numeração adotada para as linhas e ramais e também estão indicadas as precisões dos macrocircuitos da R.C.V.A.P.S.G.B..

Na figura 21 é apresentado um "croquis" da rede onde foram lançados os desvios-padrão das altitudes ajustadas e traçadas isolinhas de precisão. Verifica-se, então, quando analisado o "croquis", que à medida que se afasta do datum vertical localizado em Imbituba, Santa Catarina, os valores dos desvios-padrão aumentam significativamente.

A figura 21 também apresenta, ao longo da costa brasileira, estações de observações maregráficas onde foram feitas medições do nível do mar, em épocas distintas, para a obtenção de níveis médios regionais pelo Inter American Geodetic Survey (I.A.G.S.).

Estão sendo feitos estudos, no I.B.G.E., para se avaliar as diferenças que poderão ser encontradas entre os "zeros" destas estações maregráficas que foram ocupadas e observadas pelo I.A.G.S.. As ligações entre os maregráfos e a rede altimétrica brasileira se dá através de observações de nivelamento geométrico com monumentalização de referências de nível nas proximidades da estação.

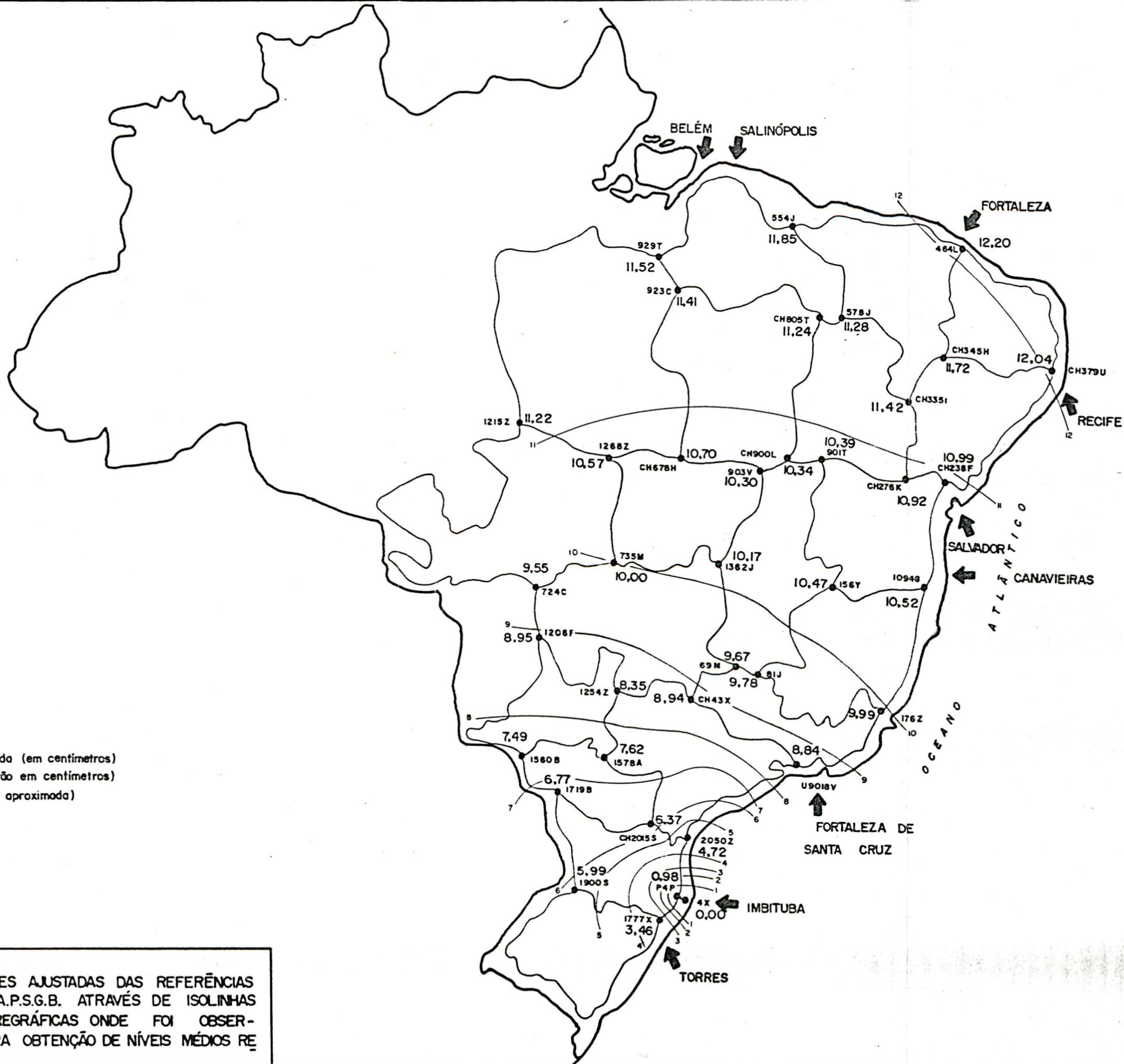
Com este projeto poder-se-á conhecer e analisar o comportamento dos níveis médios regionais dos mares ao longo da costa brasileira e, se assim for, adotar um referencial altimétrico (datum) fictício, utilizando as informações de todas essas estações maregráficas.



**LEGENDA:**

- +0,8: Precisão de macro-circuito (em mm  $\sqrt{\text{km}}$ ).
- (18): Numeração de linha

FIGURA 20: NUMERAÇÃO DAS LINHAS E RAMAIS. E PRECISÕES DOS MACRO-CIRCUITOS DA R.C.V.A.P.S.G.B.



**LEGENDA:**

- 9,55 : Desvio-padrão de altitude ajustada (em centímetros)
- 8 — Isolinha de precisão (desvio-padrão em centímetros)
- ➔ Estação maregráfica (localização aproximada)

FIGURA 21: DESVIOS-PADRÃO DAS ALTITUDES AJUSTADAS DAS REFERÊNCIAS DE NÍVEL PRINCIPAIS DA R.C.V.A.P.S.G.B. ATRAVÉS DE ISOLINHAS DE PRECISÃO E ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS ONDE FOI OBSERVADO O NÍVEL DO MAR PARA OBTENÇÃO DE NÍVEIS MÉDIOS REGIONAIS

## 9.2. AJUSTAMENTO DE CIRCUITOS INTERNOS AOS MACROCIRCUITOS

Para o ajustamento dos circuitos internos dos macrocircuitos foram necessários também os ajustamentos das linhas comuns a dois macrocircuitos com o objetivo de se evitar conflitos entre altitudes ajustadas semelhantes àqueles apresentados no capítulo VIII.

Os resultados do A.A.G.P., com caráter preliminar apresentados a seguir, ainda não são definitivos e não devem ser utilizados para levantamentos de qualquer natureza, pois são valores provisórios e estão ainda sendo validados pelo I.B.G.E., órgão responsável pelos levantamentos geodésicos e pela divulgação a usuários de informações (coordenadas) geodésicas.

Para os testes aqui feitos não são apresentados os ajustamentos simultâneos e individuais dos circuitos internos dos 19 macrocircuitos do esquema da figura 18. Não foram feitos ensaios com os circuitos internos dos macrocircuitos. Nota-se que há um ramal com origem na referência de nível "P4P" e com destino em outra R.N. denominada "4X", que é justamente a ligação da R.C.V.A.P.S.G.B. com o datum vertical situado em Imbituba, Santa Catarina.

## CAPÍTULO X

### COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

O ajustamento, de forma geral, fornece, a partir de quaisquer observações, resultados com solução única, isto é, minimiza o somatório dos quadrados dos resíduos gerando valores ajustados, com vetor erro de fechamento nulo, através do Método dos Mínimos Quadrados. Nota-se, portanto, que os dados devem ter um tratamento muito cuidadoso no que diz respeito às suas estimativas.

O método das equações de observação apresentou, computacionalmente, certas vantagens sobre o método das equações de condição, e desta forma, sugere-se o seu emprego no ajustamento de redes de nivelamento.

A análise dos resultados da R.C.V.A.P.S.G.B. revela que o Brasil apresenta uma rede ajustada, em caráter provisório, com certa consistência entre os dados que, até o momento, são heterogêneos no que se refere ao seu tratamento durante as operações de campo. Medidas corretivas são necessárias para buscar homogeneidade entre as observações e otimizar a rede com a inserção de futuras observações.

A amostra representada pela rede parcial dos Estados Unidos é relativamente pequena (14 observações) e a rede brasileira do A.A.G.P. deve ser densificada com um número de observações mais homogêneas e, quando houver um número significativo de novas observações, deve-se calcular a influência de

tais observações no cálculo de seu ajustamento. O projeto REALT do Departamento de Geodésia do I.B.G.E. pretende, futuramente, dar este tratamento à Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro.

Analisando as mensagens de advertência na listagem dos resultados do A.A.G.P., observou-se que foram encontradas observações com erros padrão acima da tolerância pré-estabelecida de  $2 \text{ mm} \sqrt{\text{Km}}$ . Desta forma, surge a necessidade de uma análise criteriosa nos dados, pois, provavelmente, poderão ser mais refinados, apesar do índice de rejeição de observações ter sido de 7,6 % do total de observações da referida rede altimétrica.

O procedimento do ajustamento em blocos da R.C.V.A.P.S.G.B. é viável e será outra fase do projeto REALT que posteriormente será executada. Serão comparados os seus resultados com os do A.A.G.P..

O ajustamento livre, onde não há o conceito de referências de nível com altitudes fixas no processo do cálculo, pode ser perfeitamente empregado na R.C.V.A.P.S.G.B. do I.B.G.E.. Esta é uma das fases do projeto REALT que será desenvolvida posteriormente pela fundação.

Quanto aos pesos dos desníveis observados estão sendo feitos estudos no I.B.G.E. no sentido de se adotar pesos inversamente proporcionais ao quadrado das discrepâncias acumuladas entre o nivelamento e o contra-nivelamento das linhas. Serão comparados os desníveis e as altitudes ajustados finais desta dissertação com os que serão gerados considerando estas

novas ponderações futuramente

A gravimetria no nivelamento geométrico de alta precisão deve desempenhar um papel fundamental com o objetivo de obtenção de altitudes não somente geométricas como também científicas. No Brasil a necessidade de se obter uma rede com estações gravimétricas é nítida e a Geodésia Física, mais uma vez, servirá como ciência para subsidiar os trabalhos desenvolvidos em Geodésia de um modo geral, onde são feitos cálculos puramente geométricos.

## **ANEXOS**

- 1 Tabela de distribuição de Qui-quadrado.
  
- 2 Fatores multiplicativos para o cálculo da correção ortométrica tabelados em função da latitude média da seção de nivelamento, para o sistema W.G.S. 84.
  
- 3 Listagem dos resultados do ajustamento simultâneo da rede parcial dos Estados Unidos.
  
- 4 Listagem dos resultados do ajustamento simultâneo da rede composta dos circuitos principais (macrocircuitos) da R.C. V.A.P.S.G.B..

**ANEXO 1**



**ANEXO 2**

FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMETRICA

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \text{cos}(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMETRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
0 0	.00000000	0 15	.00004606	0 30	.00009211	0 45	.00013816
0 1	.00000307	0 16	.00004913	0 31	.00009518	0 46	.00014123
0 2	.00000614	0 17	.00005220	0 32	.00009825	0 47	.00014430
0 3	.00000921	0 18	.00005527	0 33	.00010132	0 48	.00014737
0 4	.00001228	0 19	.00005834	0 34	.00010439	0 49	.00015044
0 5	.00001535	0 20	.00006141	0 35	.00010746	0 50	.00015351
0 6	.00001842	0 21	.00006448	0 36	.00011053	0 51	.00015658
0 7	.00002149	0 22	.00006755	0 37	.00011360	0 52	.00015964
0 8	.00002456	0 23	.00007062	0 38	.00011667	0 53	.00016271
0 9	.00002763	0 24	.00007369	0 39	.00011974	0 54	.00016578
0 10	.00003071	0 25	.00007676	0 40	.00012281	0 55	.00016885
0 11	.00003378	0 26	.00007983	0 41	.00012588	0 56	.00017192
0 12	.00003685	0 27	.00008290	0 42	.00012895	0 57	.00017499
0 13	.00003992	0 28	.00008597	0 43	.00013202	0 58	.00017806
0 14	.00004299	0 29	.00008904	0 44	.00013509	0 59	.00018113





-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---) WGS-84 (---

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \text{cos}(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times Hm \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
3 0	.00055169	3 15	.00059747	3 30	.00064321	3 45	.00068890
3 1	.00055474	3 16	.00060052	3 31	.00064626	3 46	.00069194
3 2	.00055779	3 17	.00060357	3 32	.00064930	3 47	.00069499
3 3	.00056085	3 18	.00060662	3 33	.00065235	3 48	.00069803
3 4	.00056390	3 19	.00060967	3 34	.00065540	3 49	.00070107
3 5	.00056695	3 20	.00061272	3 35	.00065844	3 50	.00070412
3 6	.00057001	3 21	.00061577	3 36	.00066149	3 51	.00070716
3 7	.00057306	3 22	.00061882	3 37	.00066454	3 52	.00071020
3 8	.00057611	3 23	.00062187	3 38	.00066758	3 53	.00071324
3 9	.00057916	3 24	.00062492	3 39	.00067063	3 54	.00071629
3 10	.00058221	3 25	.00062797	3 40	.00067367	3 55	.00071933
3 11	.00058527	3 26	.00063102	3 41	.00067672	3 56	.00072237
3 12	.00058832	3 27	.00063406	3 42	.00067976	3 57	.00072541
3 13	.00059137	3 28	.00063711	3 43	.00068281	3 58	.00072845
3 14	.00059442	3 29	.00064016	3 44	.00068585	3 59	.00073149

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad (\text{ metros } )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
4 0	.00073453	4 15	.00078011	4 30	.00082563	4 45	.00087109
4 1	.00073757	4 16	.00078315	4 31	.00082867	4 46	.00087412
4 2	.00074061	4 17	.00078619	4 32	.00083170	4 47	.00087715
4 3	.00074365	4 18	.00078922	4 33	.00083473	4 48	.00088017
4 4	.00074669	4 19	.00079226	4 34	.00083776	4 49	.00088320
4 5	.00074973	4 20	.00079529	4 35	.00084079	4 50	.00088623
4 6	.00075277	4 21	.00079833	4 36	.00084382	4 51	.00088926
4 7	.00075581	4 22	.00080136	4 37	.00084686	4 52	.00089228
4 8	.00075885	4 23	.00080440	4 38	.00084989	4 53	.00089531
4 9	.00076189	4 24	.00080743	4 39	.00085292	4 54	.00089833
4 10	.00076493	4 25	.00081047	4 40	.00085595	4 55	.00090136
4 11	.00076796	4 26	.00081350	4 41	.00085898	4 56	.00090438
4 12	.00077100	4 27	.00081653	4 42	.00086200	4 57	.00090741
4 13	.00077404	4 28	.00081957	4 43	.00086503	4 58	.00091043
4 14	.00077708	4 29	.00082260	4 44	.00086806	4 59	.00091346

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

----> WGS-84 <----

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times Hm \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
5 0	.00091648	5 15	.00096180	5 30	.00100705	5 45	.00105222
5 1	.00091951	5 16	.00096482	5 31	.00101006	5 46	.00105523
5 2	.00092253	5 17	.00096784	5 32	.00101308	5 47	.00105824
5 3	.00092555	5 18	.00097086	5 33	.00101609	5 48	.00106124
5 4	.00092857	5 19	.00097388	5 34	.00101910	5 49	.00106425
5 5	.00093160	5 20	.00097689	5 35	.00102212	5 50	.00106726
5 6	.00093462	5 21	.00097991	5 36	.00102513	5 51	.00107027
5 7	.00093764	5 22	.00098293	5 37	.00102814	5 52	.00107327
5 8	.00094066	5 23	.00098594	5 38	.00103115	5 53	.00107628
5 9	.00094368	5 24	.00098896	5 39	.00103416	5 54	.00107928
5 10	.00094670	5 25	.00099198	5 40	.00103717	5 55	.00108229
5 11	.00094972	5 26	.00099499	5 41	.00104018	5 56	.00108529
5 12	.00095274	5 27	.00099801	5 42	.00104319	5 57	.00108830
5 13	.00095576	5 28	.00100102	5 43	.00104620	5 58	.00109130
5 14	.00095878	5 29	.00100404	5 44	.00104921	5 59	.00109431

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---) WGS-84 (---

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \text{cos}(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
6 0	.00109731	6 15	.00114232	6 30	.00118723	6 45	.00123206
6 1	.00110031	6 16	.00114531	6 31	.00119023	6 46	.00123505
6 2	.00110332	6 17	.00114831	6 32	.00119322	6 47	.00123803
6 3	.00110632	6 18	.00115131	6 33	.00119621	6 48	.00124102
6 4	.00110932	6 19	.00115430	6 34	.00119920	6 49	.00124400
6 5	.00111232	6 20	.00115730	6 35	.00120219	6 50	.00124698
6 6	.00111532	6 21	.00116029	6 36	.00120518	6 51	.00124997
6 7	.00111832	6 22	.00116329	6 37	.00120817	6 52	.00125295
6 8	.00112132	6 23	.00116628	6 38	.00121115	6 53	.00125593
6 9	.00112432	6 24	.00116928	6 39	.00121414	6 54	.00125891
6 10	.00112732	6 25	.00117227	6 40	.00121713	6 55	.00126190
6 11	.00113032	6 26	.00117526	6 41	.00122012	6 56	.00126488
6 12	.00113332	6 27	.00117826	6 42	.00122310	6 57	.00126786
6 13	.00113632	6 28	.00118125	6 43	.00122609	6 58	.00127084
6 14	.00113932	6 29	.00118424	6 44	.00122908	6 59	.00127382

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

----> WGS-84 <----

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \text{cos}(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

-----

"C" - fator multiplicativo                                      LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )                                      Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )                                      LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2    (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
7 0	.00127680	7 15	.00132143	7 30	.00136597	7 45	.00141040
7 1	.00127978	7 16	.00132441	7 31	.00136893	7 46	.00141336
7 2	.00128275	7 17	.00132738	7 32	.00137190	7 47	.00141632
7 3	.00128573	7 18	.00133035	7 33	.00137486	7 48	.00141927
7 4	.00128871	7 19	.00133332	7 34	.00137783	7 49	.00142223
7 5	.00129169	7 20	.00133629	7 35	.00138079	7 50	.00142519
7 6	.00129466	7 21	.00133926	7 36	.00138375	7 51	.00142814
7 7	.00129764	7 22	.00134223	7 37	.00138672	7 52	.00143110
7 8	.00130061	7 23	.00134520	7 38	.00138968	7 53	.00143405
7 9	.00130359	7 24	.00134817	7 39	.00139264	7 54	.00143701
7 10	.00130657	7 25	.00135113	7 40	.00139560	7 55	.00143996
7 11	.00130954	7 26	.00135410	7 41	.00139856	7 56	.00144291
7 12	.00131251	7 27	.00135707	7 42	.00140152	7 57	.00144587
7 13	.00131549	7 28	.00136004	7 43	.00140448	7 58	.00144882
7 14	.00131846	7 29	.00136300	7 44	.00140744	7 59	.00145177

-----

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---) WGS-84 (---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR. ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad (\text{ metros } )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
8 0	.00145472	8 15	.00149893	8 30	.00154303	8 45	.00158701
8 1	.00145767	8 16	.00150188	8 31	.00154597	8 46	.00158994
8 2	.00146062	8 17	.00150482	8 32	.00154890	8 47	.00159287
8 3	.00146357	8 18	.00150776	8 33	.00155184	8 48	.00159579
8 4	.00146652	8 19	.00151071	8 34	.00155477	8 49	.00159872
8 5	.00146947	8 20	.00151365	8 35	.00155771	8 50	.00160165
8 6	.00147242	8 21	.00151659	8 36	.00156064	8 51	.00160457
8 7	.00147537	8 22	.00151953	8 37	.00156357	8 52	.00160749
8 8	.00147832	8 23	.00152247	8 38	.00156650	8 53	.00161042
8 9	.00148126	8 24	.00152541	8 39	.00156943	8 54	.00161334
8 10	.00148421	8 25	.00152835	8 40	.00157237	8 55	.00161626
8 11	.00148716	8 26	.00153128	8 41	.00157530	8 56	.00161919
8 12	.00149010	8 27	.00153422	8 42	.00157823	8 57	.00162211
8 13	.00149305	8 28	.00153716	8 43	.00158116	8 58	.00162503
8 14	.00149599	8 29	.00154010	8 44	.00158408	8 59	.00162795

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---) WGS-84 (---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMETRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad ( \text{metros} )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
9 0	.00163087	9 15	.00167460	9 30	.00171821	9 45	.00176169
9 1	.00163379	9 16	.00167752	9 31	.00172111	9 46	.00176458
9 2	.00163671	9 17	.00168043	9 32	.00172401	9 47	.00176747
9 3	.00163963	9 18	.00168334	9 33	.00172692	9 48	.00177036
9 4	.00164255	9 19	.00168625	9 34	.00172982	9 49	.00177326
9 5	.00164546	9 20	.00168915	9 35	.00173272	9 50	.00177615
9 6	.00164838	9 21	.00169206	9 36	.00173562	9 51	.00177904
9 7	.00165130	9 22	.00169497	9 37	.00173852	9 52	.00178193
9 8	.00165421	9 23	.00169788	9 38	.00174141	9 53	.00178482
9 9	.00165713	9 24	.00170078	9 39	.00174431	9 54	.00178771
9 10	.00166004	9 25	.00170369	9 40	.00174721	9 55	.00179059
9 11	.00166295	9 26	.00170660	9 41	.00175011	9 56	.00179348
9 12	.00166587	9 27	.00170950	9 42	.00175300	9 57	.00179637
9 13	.00166878	9 28	.00171240	9 43	.00175590	9 58	.00179925
9 14	.00167169	9 29	.00171531	9 44	.00175879	9 59	.00180214

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---) WGS-84 (---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad ( \text{metros} )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
10 0	.00180503	10 15	.00184823	10 30	.00189129	10 45	.00193421
10 1	.00180791	10 16	.00185110	10 31	.00189415	10 46	.00193706
10 2	.00181079	10 17	.00185398	10 32	.00189702	10 47	.00193992
10 3	.00181368	10 18	.00185685	10 33	.00189988	10 48	.00194277
10 4	.00181656	10 19	.00185972	10 34	.00190275	10 49	.00194562
10 5	.00181944	10 20	.00186260	10 35	.00190561	10 50	.00194848
10 6	.00182232	10 21	.00186547	10 36	.00190847	10 51	.00195133
10 7	.00182520	10 22	.00186834	10 37	.00191133	10 52	.00195418
10 8	.00182808	10 23	.00187121	10 38	.00191420	10 53	.00195703
10 9	.00183096	10 24	.00187408	10 39	.00191706	10 54	.00195988
10 10	.00183384	10 25	.00187695	10 40	.00191992	10 55	.00196273
10 11	.00183672	10 26	.00187982	10 41	.00192278	10 56	.00196558
10 12	.00183960	10 27	.00188269	10 42	.00192563	10 57	.00196843
10 13	.00184248	10 28	.00188556	10 43	.00192849	10 58	.00197128
10 14	.00184535	10 29	.00188842	10 44	.00193135	10 59	.00197413

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---> WGS-84 <---

-----

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR. ORTOMÉTRICA} = - "C" \times Hm \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad ( \text{ metros } )$$

-----

"C" - fator multiplicativo	LATm - latitude média da seção
A = 0.002636 ( WGS-84 )	Hm - altitude média da seção (metros)
B = 0.000002 ( WGS-84 )	LAT1 - latitudes dos extremos da seção LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
11 0	.00197697	11 15	.00201959	11 30	.00206206	11 45	.00210436
11 1	.00197982	11 16	.00202243	11 31	.00206488	11 46	.00210718
11 2	.00198267	11 17	.00202526	11 32	.00206771	11 47	.00210999
11 3	.00198551	11 18	.00202810	11 33	.00207053	11 48	.00211280
11 4	.00198835	11 19	.00203093	11 34	.00207335	11 49	.00211562
11 5	.00199120	11 20	.00203376	11 35	.00207618	11 50	.00211843
11 6	.00199404	11 21	.00203660	11 36	.00207900	11 51	.00212124
11 7	.00199688	11 22	.00203943	11 37	.00208182	11 52	.00212405
11 8	.00199972	11 23	.00204226	11 38	.00208464	11 53	.00212686
11 9	.00200256	11 24	.00204509	11 39	.00208746	11 54	.00212967
11 10	.00200540	11 25	.00204792	11 40	.00209028	11 55	.00213248
11 11	.00200824	11 26	.00205075	11 41	.00209310	11 56	.00213528
11 12	.00201108	11 27	.00205358	11 42	.00209591	11 57	.00213809
11 13	.00201392	11 28	.00205640	11 43	.00209873	11 58	.00214090
11 14	.00201676	11 29	.00205923	11 44	.00210155	11 59	.00214370

-----

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad (\text{ metros})$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
12 0	.00214651	12 15	.00218849	12 30	.00223030	12 45	.00227195
12 1	.00214931	12 16	.00219128	12 31	.00223308	12 46	.00227472
12 2	.00215211	12 17	.00219407	12 32	.00223586	12 47	.00227749
12 3	.00215492	12 18	.00219686	12 33	.00223864	12 48	.00228025
12 4	.00215772	12 19	.00219965	12 34	.00224142	12 49	.00228302
12 5	.00216052	12 20	.00220244	12 35	.00224420	12 50	.00228579
12 6	.00216332	12 21	.00220523	12 36	.00224698	12 51	.00228856
12 7	.00216612	12 22	.00220802	12 37	.00224976	12 52	.00229132
12 8	.00216892	12 23	.00221081	12 38	.00225253	12 53	.00229409
12 9	.00217172	12 24	.00221360	12 39	.00225531	12 54	.00229685
12 10	.00217451	12 25	.00221638	12 40	.00225808	12 55	.00229961
12 11	.00217731	12 26	.00221917	12 41	.00226086	12 56	.00230237
12 12	.00218011	12 27	.00222195	12 42	.00226363	12 57	.00230514
12 13	.00218290	12 28	.00222474	12 43	.00226640	12 58	.00230790
12 14	.00218569	12 29	.00222752	12 44	.00226918	12 59	.00231066





-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

----> WGS-84 <----

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

"C" - fator multiplicativo  
 A = 0.002636 ( WGS-84 )  
 B = 0.000002 ( WGS-84 )  
 LATm - latitude média da seção  
 Hm - altitude média da seção (metros)  
 LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
15 0	.00263855	15 15	.00267832	15 30	.00271788	15 45	.00275724
15 1	.00264121	15 16	.00268096	15 31	.00272051	15 46	.00275986
15 2	.00264387	15 17	.00268361	15 32	.00272314	15 47	.00276247
15 3	.00264652	15 18	.00268625	15 33	.00272577	15 48	.00276509
15 4	.00264918	15 19	.00268889	15 34	.00272840	15 49	.00276770
15 5	.00265183	15 20	.00269153	15 35	.00273103	15 50	.00277031
15 6	.00265448	15 21	.00269417	15 36	.00273365	15 51	.00277292
15 7	.00265714	15 22	.00269681	15 37	.00273628	15 52	.00277553
15 8	.00265979	15 23	.00269945	15 38	.00273890	15 53	.00277814
15 9	.00266244	15 24	.00270208	15 39	.00274152	15 54	.00278075
15 10	.00266509	15 25	.00270472	15 40	.00274414	15 55	.00278336
15 11	.00266774	15 26	.00270735	15 41	.00274677	15 56	.00278597
15 12	.00267038	15 27	.00270999	15 42	.00274939	15 57	.00278857
15 13	.00267303	15 28	.00271262	15 43	.00275200	15 58	.00279118
15 14	.00267568	15 29	.00271525	15 44	.00275462	15 59	.00279378



-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMETRICA**  
 -----

----> WGS-84 <----

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMETRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad ( \text{metros} )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
17 0	.00295080	17 15	.00298885	17 30	.00302667	17 45	.00306425
17 1	.00295334	17 16	.00299137	17 31	.00302918	17 46	.00306675
17 2	.00295588	17 17	.00299390	17 32	.00303169	17 47	.00306925
17 3	.00295843	17 18	.00299643	17 33	.00303420	17 48	.00307174
17 4	.00296097	17 19	.00299895	17 34	.00303671	17 49	.00307424
17 5	.00296351	17 20	.00300148	17 35	.00303922	17 50	.00307673
17 6	.00296605	17 21	.00300400	17 36	.00304173	17 51	.00307922
17 7	.00296858	17 22	.00300652	17 37	.00304424	17 52	.00308172
17 8	.00297112	17 23	.00300905	17 38	.00304674	17 53	.00308421
17 9	.00297365	17 24	.00301157	17 39	.00304925	17 54	.00308669
17 10	.00297619	17 25	.00301408	17 40	.00305175	17 55	.00308918
17 11	.00297872	17 26	.00301660	17 41	.00305425	17 56	.00309167
17 12	.00298125	17 27	.00301912	17 42	.00305675	17 57	.00309416
17 13	.00298379	17 28	.00302164	17 43	.00305926	17 58	.00309664
17 14	.00298632	17 29	.00302415	17 44	.00306176	17 59	.00309913

-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad ( \text{metros} )$$

-----

"C" - fator multiplicativo	LATm - latitude média da seção
A = 0.002636 ( WGS-84 )	Hm - altitude média da seção (metros)
B = 0.000002 ( WGS-84 )	LAT1 - latitudes dos extremos da seção LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
18 0	.00310161	18 15	.00313873	18 30	.00317560	18 45	.00321224
18 1	.00310409	18 16	.00314119	18 31	.00317805	18 46	.00321467
18 2	.00310657	18 17	.00314366	18 32	.00318050	18 47	.00321710
18 3	.00310905	18 18	.00314612	18 33	.00318295	18 48	.00321954
18 4	.00311153	18 19	.00314858	18 34	.00318540	18 49	.00322197
18 5	.00311401	18 20	.00315104	18 35	.00318784	18 50	.00322440
18 6	.00311648	18 21	.00315351	18 36	.00319029	18 51	.00322682
18 7	.00311896	18 22	.00315596	18 37	.00319273	18 52	.00322925
18 8	.00312143	18 23	.00315842	18 38	.00319517	18 53	.00323168
18 9	.00312391	18 24	.00316088	18 39	.00319761	18 54	.00323410
18 10	.00312638	18 25	.00316334	18 40	.00320005	18 55	.00323653
18 11	.00312885	18 26	.00316579	18 41	.00320249	18 56	.00323895
18 12	.00313132	18 27	.00316825	18 42	.00320493	18 57	.00324137
18 13	.00313379	18 28	.00317070	18 43	.00320737	18 58	.00324379
18 14	.00313626	18 29	.00317315	18 44	.00320980	18 59	.00324621

FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA

---) WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad (\text{ metros } )$$

"C" - fator multiplicativo  
 A = 0.002636 ( WGS-84 )  
 B = 0.000002 ( WGS-84 )  
 LATm - latitude média da seção  
 Hm - altitude média da seção (metros)  
 LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
19 0	.00324863	19 15	.00328477	19 30	.00332066	19 45	.00335630
19 1	.00325105	19 16	.00328717	19 31	.00332304	19 46	.00335867
19 2	.00325346	19 17	.00328957	19 32	.00332543	19 47	.00336103
19 3	.00325588	19 18	.00329197	19 33	.00332781	19 48	.00336340
19 4	.00325829	19 19	.00329437	19 34	.00333019	19 49	.00336576
19 5	.00326070	19 20	.00329676	19 35	.00333257	19 50	.00336812
19 6	.00326311	19 21	.00329916	19 36	.00333495	19 51	.00337048
19 7	.00326553	19 22	.00330155	19 37	.00333732	19 52	.00337284
19 8	.00326793	19 23	.00330394	19 38	.00333970	19 53	.00337520
19 9	.00327034	19 24	.00330634	19 39	.00334207	19 54	.00337756
19 10	.00327275	19 25	.00330873	19 40	.00334445	19 55	.00337991
19 11	.00327516	19 26	.00331111	19 41	.00334682	19 56	.00338227
19 12	.00327756	19 27	.00331350	19 42	.00334919	19 57	.00338462
19 13	.00327997	19 28	.00331589	19 43	.00335156	19 58	.00338698
19 14	.00328237	19 29	.00331828	19 44	.00335393	19 59	.00338933













FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMETRICA

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMETRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad ( \text{metros} )$$

"C" - fator multiplicativo  
 A = 0.002636 ( WGS-84 )  
 B = 0.000002 ( WGS-84 )  
 LATm - latitude média da seção  
 Hm - altitude média da seção (metros)  
 LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
26 0	.00415725	26 15	.00418541	26 30	.00421324	26 45	.00424075
26 1	.00415914	26 16	.00418727	26 31	.00421508	26 46	.00424258
26 2	.00416103	26 17	.00418914	26 32	.00421693	26 47	.00424440
26 3	.00416291	26 18	.00419100	26 33	.00421877	26 48	.00424622
26 4	.00416479	26 19	.00419286	26 34	.00422061	26 49	.00424804
26 5	.00416667	26 20	.00419472	26 35	.00422245	26 50	.00424985
26 6	.00416855	26 21	.00419658	26 36	.00422428	26 51	.00425167
26 7	.00417043	26 22	.00419844	26 37	.00422612	26 52	.00425348
26 8	.00417231	26 23	.00420029	26 38	.00422795	26 53	.00425529
26 9	.00417418	26 24	.00420215	26 39	.00422979	26 54	.00425711
26 10	.00417606	26 25	.00420400	26 40	.00423162	26 55	.00425891
26 11	.00417793	26 26	.00420585	26 41	.00423345	26 56	.00426072
26 12	.00417980	26 27	.00420770	26 42	.00423528	26 57	.00426253
26 13	.00418167	26 28	.00420955	26 43	.00423710	26 58	.00426434
26 14	.00418354	26 29	.00421140	26 44	.00423893	26 59	.00426614





-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMETRICA**  
 -----

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \text{sen}(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \text{cos}(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMETRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{ metros } )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
29 0	.00447356	29 15	.00449775	29 30	.00452159	29 45	.00454509
29 1	.00447518	29 16	.00449935	29 31	.00452317	29 46	.00454664
29 2	.00447680	29 17	.00450095	29 32	.00452474	29 47	.00454819
29 3	.00447842	29 18	.00450254	29 33	.00452632	29 48	.00454975
29 4	.00448004	29 19	.00450414	29 34	.00452789	29 49	.00455130
29 5	.00448166	29 20	.00450573	29 35	.00452946	29 50	.00455284
29 6	.00448328	29 21	.00450732	29 36	.00453103	29 51	.00455439
29 7	.00448489	29 22	.00450892	29 37	.00453260	29 52	.00455594
29 8	.00448650	29 23	.00451051	29 38	.00453416	29 53	.00455748
29 9	.00448811	29 24	.00451209	29 39	.00453573	29 54	.00455902
29 10	.00448972	29 25	.00451368	29 40	.00453729	29 55	.00456056
29 11	.00449133	29 26	.00451526	29 41	.00453886	29 56	.00456210
29 12	.00449294	29 27	.00451685	29 42	.00454042	29 57	.00456364
29 13	.00449454	29 28	.00451843	29 43	.00454197	29 58	.00456517
29 14	.00449614	29 29	.00452001	29 44	.00454353	29 59	.00456671





-----  
**FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA**  
 -----

---> WGS-84 <---

$$"C" = 2 \times A \times \sin( 2 \times \text{LATm} ) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos( 2 \times \text{LATm} ) \right)$$

$$\text{CORR.ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times ( \text{LAT2} - \text{LAT1} ) \times 0.000290888 \quad (\text{ metros } )$$

"C" - fator multiplicativo

LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )

Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )

LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2 (minutos de arco)

LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
32 0	.00474077	32 15	.00476072	32 30	.00478031	32 45	.00479954
32 1	.00474211	32 16	.00476204	32 31	.00478161	32 46	.00480081
32 2	.00474345	32 17	.00476335	32 32	.00478290	32 47	.00480208
32 3	.00474479	32 18	.00476467	32 33	.00478419	32 48	.00480334
32 4	.00474612	32 19	.00476598	32 34	.00478548	32 49	.00480461
32 5	.00474746	32 20	.00476729	32 35	.00478676	32 50	.00480587
32 6	.00474879	32 21	.00476860	32 36	.00478805	32 51	.00480713
32 7	.00475012	32 22	.00476991	32 37	.00478933	32 52	.00480839
32 8	.00475145	32 23	.00477122	32 38	.00479061	32 53	.00480965
32 9	.00475278	32 24	.00477252	32 39	.00479189	32 54	.00481090
32 10	.00475411	32 25	.00477382	32 40	.00479317	32 55	.00481216
32 11	.00475544	32 26	.00477512	32 41	.00479445	32 56	.00481341
32 12	.00475676	32 27	.00477642	32 42	.00479572	32 57	.00481466
32 13	.00475808	32 28	.00477772	32 43	.00479700	32 58	.00481591
32 14	.00475940	32 29	.00477902	32 44	.00479827	32 59	.00481716



-----

FATOR MULTIPLICATIVO PARA CÁLCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA

-----

----> WGS-84 <----

-----

$$"C" = 2 \times A \times \sin(2 \times \text{LATm}) \times \left( 1 + \left( A - \left( \frac{2 \times B}{A} \right) \right) \times \cos(2 \times \text{LATm}) \right)$$

$$\text{ERR. ORTOMÉTRICA} = - "C" \times \text{Hm} \times (\text{LAT2} - \text{LAT1}) \times 0.000290888 \quad (\text{metros})$$

-----

"C" - fator multiplicativo                      LATm - latitude média da seção

A = 0.002636 ( WGS-84 )                      Hm - altitude média da seção (metros)

B = 0.000002 ( WGS-84 )                      LAT1 - latitudes dos extremos da seção  
 LAT2    (minutos de arco)

AT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"	LAT.média	"C"
34 0	.00489016	34 15	.00490717	34 30	.00492381	34 45	.00494007
34 1	.00489131	34 16	.00490829	34 31	.00492490	34 46	.00494114
34 2	.00489245	34 17	.00490941	34 32	.00492600	34 47	.00494221
34 3	.00489359	34 18	.00491053	34 33	.00492709	34 48	.00494328
34 4	.00489473	34 19	.00491165	34 34	.00492818	34 49	.00494434
34 5	.00489587	34 20	.00491276	34 35	.00492927	34 50	.00494541
34 6	.00489701	34 21	.00491387	34 36	.00493036	34 51	.00494647
34 7	.00489815	34 22	.00491498	34 37	.00493144	34 52	.00494753
34 8	.00489928	34 23	.00491609	34 38	.00493253	34 53	.00494859
34 9	.00490041	34 24	.00491720	34 39	.00493361	34 54	.00494965
34 10	.00490154	34 25	.00491831	34 40	.00493469	34 55	.00495070
34 11	.00490267	34 26	.00491941	34 41	.00493577	34 56	.00495176
34 12	.00490380	34 27	.00492051	34 42	.00493685	34 57	.00495281
34 13	.00490493	34 28	.00492161	34 43	.00493792	34 58	.00495386
34 14	.00490605	34 29	.00492271	34 44	.00493900	34 59	.00495491

-----

**ANEXO 3**





J E S 2 J O B L O G \_ -- S Y S T E M 3 0 8 1 -- N O D E M V S X A

13.54.00 JOB 2931 CHASP373 GPRAAGPP STARTED - INIT 23 - CLASS B - SYS 3081  
13.54.51 JOB 2931 CHASP395 GPRAAGPP ENDED

----- JES2 JOB STATISTICS -----

04 AUG 89 JOB EXECUTION DATE

81 CARDS READ

952 SYSOUT PRINT RECORDS

0 SYSOUT PUNCH RECORDS

57 SYSOUT SPOOL KBYTES

0.86 MINUTES EXECUTION TIME



1000

```

1 //GPRAAGPP JOB (SAXGP121,10,5), 'GILBER DEGED/LUCAS', TIME=(1,00), JOB 2931
// MSGCLASS=F,MSGLEVEL=(1,1),NOTIFY=GPR 00020099
***ROUTE PRINT MVSXA.LOCAL 0003009
*** -----00030199
*** AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO SIMULTANEO : MÉTODO DOS PARAMETROS. 00031099
*** PARA QUAISQUER ESCLARECIMENTOS SOBRE AS OPCÕES : FIND 'DUVIDAS' 00040099
*** -----00050099
2 //STEP1 EXEC PGM=G100789,REGION=2000K 00070099
3 //STEPLIB DD DSN=GPR.AJUSTAM.LOAD,DISP=SHR 00080099
4 //FTO1FOO1 DD * 00080199
***FTO2FOO1 DD DSN=GPR.ALTFIXAS.DATA( ),DISP=SHR 00090099
5 //FTO3FOO1 DD DSN=GPR.DIPAN.DATA(ORIGMLCA),DISP=SHR 00091099
6 // DD * 00091899
7 //FTO4FOO1 DD DSN=GPR.DESNAJUS.DATA(ORIGMLCA),DISP=SHR 00092399
***FTO4FOO1 DD DUMMY 00092499
8 //FTO5FOO1 DD DSN=GPR.ALTAJUST.DATA(ORIGMLCA),DISP=SHR 00092599
***FTO5FOO1 DD DUMMY 00093099
9 //FTO6FOO1 DD SYSOUT=* 00100029
10 //FTO7FOO1 DD SYSOUT=*,DCB=(RECFM=FBA,LRECL=133,BLKSIZE=133) 00100199
***FTO7FOO1 DD DSN=GPR.SAIDA.OUTLIST,DISP=SHR 00100299
***FTO8FOO1 DD DSN=GPR. .DATA( ),DISP=SHR 00103099
***FTO9FOO1 DD DSN=GPR. .DATA( ),DISP=SHR 00104099
11 //FT10FOO1 DD DSN=GPR.OUTROS.DATA(QUIQUADR),DISP=SHR 00110099
*** ----- DUVIDAS ----- SOBRE ----- AS ----- OPCÕES ----- ? -----00130099
*** ORGANIZAÇÃO DOS DADOS A SEREM LIDOS NESTE "JOB CONTROL" : 00150099
*** FTO1 - L2 : LABEL NUMERO 2 (LEITURA DAS ALTITUDES FIXAS) 00151099
*** L3 : LABEL NUMERO 3 (LEITURA DOS DADOS PRINCIPAIS) 00152099
*** L4 : LABEL NUMERO 4 (ESCRITA DE DESNIVEIS AJUSTADOS) 00153099
*** L5 : LABEL NUMERO 5 (ESCRITA DE ALTITUDES AJUSTADAS) 00154099
*** L6 : LABEL NUMERO 6 ("DEFAULT" DO SISTEMA) 00155099
*** L7 : LABEL NUMERO 7 (ESCRITA DE DADOS NA IMPRESSORA) 00156099
*** L8 : LABEL NUMERO 8 (DESATIVADO) 00157099
*** L9 : LABEL NUMERO 9 (DESATIVADO) 00158099
*** L10 : LABEL NUMERO 10 (LEITURA DA TABELA DE QUI-QUADRADO) 00159099
*** NDI : NUMERO DE ITERAÇÕES (VALOR MAXIMO = 3) 00160099
*** ICOR : 00 - CALCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA POR "N.O.A.A." 00161099
*** 01 - CALCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA POR "E.J.K." 00162099
*** IG1 : 01 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "JORDAN" 00170099
*** 02 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MINVER" 00180099
*** 03 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MINV" 00181099
*** 04 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MODRO1" 00190099
*** 05 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MODROB" 00190199
*** IG2 : 00 - NAO FAZ O TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS 00200099
*** 01 - FAZ O TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS 00210099
*** IG3 : 00 - LEITURA DE DADOS FORMATADOS TIPO "LEVEL" 00211099
*** 01 - LEITURA DE DADOS FORMATADOS TIPO "AAGPSP" 00212099
*** IG4 : 00 - NAO ESCREVE DADOS EM FTO4FOO1 E EM FTO5FOO1 00213099
*** 01 - ESCREVE DADOS EM FTO4FOO1 E EM FTO5FOO1 00214099
*** IG5 : 00 - ALTITUDES FIXAS SEM INFLUENCIA DA COR. ORT. 00215099
*** 01 - ALTITUDES FIXAS COM INFLUENCIA DA COR. ORT. 00216099
*** IMPO : 01 - TABELA DO QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO 00240099
*** IMP1 : 01 - TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS 00250099
*** IMP2 : 01 - TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS 00260099
*** IMP3 : 01 - TABELA DOS RESIDUOS NORMALIZADOS 00261099
*** IMP4 : 01 - TABELA DOS ERROS PADRÃO DAS LINHAS 00262099
*** IMP5 : 01 - TABELA DAS LATITUDES E CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS 00270099
*** IMP6 : 01 - TABELA DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS DESN. AJUST. 00290099
*** IMP7 : 01 - HISTOGRAMA DOS RESIDUOS NORMALIZADOS 00291099
*** PROB : INTERVALO DE CONFIANCA (PROBABILIDADE) 00300099
*** SIGMAO : VARIANCA DA UNIDADE DE PESO A PRIORI 00310099
*** RNFIXA E RNFIXB : REFERENCIA DE NIVEL FIXA 00320099

```

174



```

IEF236I ALLOC. FOR GPRAAGPP STEP1
IEF237I 287 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I 308 ALLOCATED TO SYS00712
IEF237I JES2 ALLOCATED TO FT01FOO1
IEF237I 1C4 ALLOCATED TO FT03FOO1
IEF237I JES2 ALLOCATED TO
IEF237I 123 ALLOCATED TO FT04FOO1
IEF237I 123 ALLOCATED TO FT05FOO1
IEF237I JES2 ALLOCATED TO FT06FOO1
IEF237I JES2 ALLOCATED TO FT07FOO1
IEF237I 302 ALLOCATED TO FT10FOO1
IEF142I GPRAAGPP STEP1 - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF285I GPR.AJUSTAM.LOAD KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0804.
IEF285I CATALOG.MVSICF.VSHR801 KEPT
IEF285I VOL SER NOS= SHR801.
IEF285I JES2.JOB02931.SI000101 SYSIN
IEF285I GPR.DIPAN.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= RES803.
IEF285I JES2.JOB02931.SI000102 SYSIN
IEF285I GPR.DESNAJUS.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0803.
IEF285I GPR.ALTAJUST.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0803.
IEF285I JES2.JOB02931.S0000103 SYSOUT
IEF285I JES2.JOB02931.S0000104 SYSOUT
IEF285I GPR.OUTROS.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0801.
IEF373I STEP /STEP1 / START 89216.1354
IEF374I STEP /STEP1 / STOP 89216.1354 CPU OMIN 00.46SEC SRB OMIN 00.03SEC VIRT 1212K SYS 308K EXT OK SYS 885
IEF375I JOB /GPRAAGPP/ START 89216.1354
IEF376I JOB /GPRAAGPP/ STOP 89216.1354 CPU OMIN 00.46SEC SRB OMIN 00.03SEC

```

\*\*\* ALFIX : ALTITUDE FIXA DA R.N. TIPO INJUNÇÃO (EM METROS) 00330099  
\*\*\* DPAF : DESVIO-PADRÃO DA ALTITUDE FIXA (EM METROS) 00340099  
\*\*\*-----00350099



.....

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

.....

.....

- \* ARQUIVO DE DADOS (FTO3FOO1) : GPR.DIPAN.DATA(ORIGMLCA) \*
- \* AJUSTAMENTO DA REDE EXEMPLO DO "MANUAL OF LEVELLING,  
COMPUTATION AND ADJUSTMENT" (COAST AND GEODETIC SURVEY, E.U.A.) \*
- \* AUTOR DA REFERENCIA BIBLIOGRAFICA : HOWARD S. RAPPLEYE \*

.....



\*\*\*\*\*  
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC / DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED / DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT / FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP  
\*\*\*\*\*

\*\*\* LISTA DAS OPÇÕES \*\*\*

- 1- NUMERO DE ITERAÇÕES ..... NDI = 2
- 2- CALCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA ..... ICO = 1  
SE ICO = 1 : FORMULAS DO " NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION "  
SE ICO = 2 : FORMULAS DE " EDWARD JULIAN KRAKIWSKY ( HEIGHTS ) "
- 3- ESCOLHA DE SUBROTINA PARA INVERSÃO DE MATRIZES ..... IG1 = 1  
SE IG1 = 1 : "JORDAN" (INVERSÃO ATRAVÉS DO MÉTODO DE GAUSS COM PIVOTEAMENTO)  
SE IG1 = 2 : "MINVER" (INVERSÃO ATRAVÉS DO MÉTODO PADRÃO DE GAUSS-JORDAN)  
SE IG1 = 3 : "MINV" (INVERSÃO ATRAVÉS DO MÉTODO PADRÃO DE GAUSS-JORDAN)  
SE IG1 = 4 : "MODRO1" (INVERSÃO DE MATRIZ POR OPERAÇÕES ELEMENTARES)  
SE IG1 = 5 : "MODRO8" (INVERSÃO DE MATRIZ SIMÉTRICA USANDO SUBROTINA "VERSOL")
- 4- ESCOLHA PARA O TESTE DE HIPÓTESES ESTATÍSTICAS PARA A VARIÂNCIA POPULACIONAL ..... IG2 = 1  
SE IG2 = 1 : FAZ O TESTE  
SE IG2 <> 1 : NÃO FAZ O TESTE
- 5- TIPO DE ARQUIVO PRINCIPAL DE LEITURA ..... IG3 = 1  
SE IG3 = 1 : ARQUIVO TIPO PADRÃO  
SE IG3 <> 1 : ARQUIVO TIPO "LEVEL"
- 6- ESCRITA DE DADOS NOS ARQUIVOS FTO4FOO1 E FTO5FOO1 DO J.C.L. .... IG4 = 1  
SE IG4 = 1 : GRAVA OS DADOS NOS ARQUIVOS  
SE IG4 <> 1 : NÃO GRAVA OS DADOS NOS ARQUIVOS
- 7- TIPO DE ALTITUDES FIXAS (INJUNÇÕES) ..... IG5 = 1  
SE IG5 = 1 : ALTITUDES FIXAS COM INFLUÊNCIA DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS  
SE IG5 <> 1 : ALTITUDES FIXAS SEM INFLUÊNCIA DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS
- 8- TIPO DE AJUSTAMENTO SIMULTANEO ..... IG6 = 1  
SE IG6 = 1 : AJUSTAMENTO DE REDE ALTIMÉTRICA  
SE IG6 <> 1 : AJUSTAMENTO DE LINHA DE NIVELAMENTO
- 9- TIPO DE PONDERAÇÃO PARA AS OBSERVAÇÕES ( DESNIVEIS )..... IG7 = 1  
SE IG7 = 1 : INVERSAMENTE PROPORCIONAIS AS DISTÂNCIAS  
SE IG7 <> 1 : INVERSAMENTE PROPORCIONAIS AS DISCREPÂNCIAS DO NIV. / CONTRA-NIV.
- 10- IMPRESSÃO DO QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO ..... IMP1 = 1  
IMPRESSÃO DA TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS ..... IMP2 = 1  
IMPRESSÃO DA TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS ..... IMP3 = 1  
IMPRESSÃO DA TABELA DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS ..... IMP4 = 1  
IMPRESSÃO DA TABELA DOS ERROS PADRÃO PARA AS LINHAS APOÓS O AJUSTAMENTO ..... IMP5 = 1  
IMPRESSÃO DA TABELA DAS LATITUDES DAS RRNN E DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS ..... IMP6 = 1  
IMPRESSÃO DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS DESNIVEIS AJUSTADOS ..... IMP7 = 1  
IMPRESSÃO DO HISTOGRAMA DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS ..... IMP8 = 1  
SE OPÇÃO = 1 : ESCRIBE OS RESULTADOS  
SE OPÇÃO <> 1 : NÃO ESCRIBE OS RESULTADOS



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* INJUNÇÕES DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

REFERENCIAS DE NIVEL FIXAS	ALTITUDES (METROS)
TI1	1.3752
A16	23.7685
Z10	57.1287
T12	2.1654



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* CHAMADAS DE SUBROTINAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

\* \* \* SBATPA \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPL \* \* \*  
\* \* \* JORDAN \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* ALTJUS \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPA \* \* \*  
\* \* \* TESHIP \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* TRAMAT \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* INVMAD \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* ESTAYI \* \* \*



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

1- NUMERO DE OBSERVAÇÕES ( DESNIVEIS ) .....	NEO =	14	
2- NUMERO DE PARAMETROS INCOGNITOS ( ALTITUDES DESCONHECIDAS ) .....	NPI =	6	
3- NUMERO DE GRAUS DE LIBERDADE .....	NGL =	8	
4- NUMERO DE REFERENCIAS DE NIVEL DA REDE ALTIMÉTRICA .....	NRN =	10	
5- NUMERO DE PONTOS FIXOS DO AJUSTAMENTO ( INJUNÇÕES ) .....	NPF =	4	
6- INTERVALO DE CONFIANCA ( REGIÃO DE ACEITAÇÃO ) .....	RACE =	0.950	
7- NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( REGIÃO DE REJEIÇÃO ) .....	RREJ =	0.050	
8- SOMATORIO DOS QUADRADOS DOS RESIDUOS .....	VTPV =	0.00002310	METROS QUADRADOS
9- VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A PRIORI .....	SIGPRI =	1.00000000	METROS QUADRADOS
10- VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI .....	SIGPOS =	0.00000289	METROS QUADRADOS
11- DETERMINANTE DA MATRIZ "ATPA" DAS EQUAÇÕES NORMAIS .....	DET =	0.00000067	
12- TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS PARA A VARIANCIA POPULACIONAL .....			HIPOTHESE BASICA REJEITADA
13- COEFICIENTE DE MOMENTO DE ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL .....	COFASS =	0.24	
COFASS > 0 : A DISTRIBUIÇÃO APRESENTA ASSIMETRIA POSITIVA			
14- COEFICIENTE DE MOMENTO DE CURTOSE DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL .....	COFCUR =	2.30	
COFCUR < 3 : A DISTRIBUIÇÃO É PLATICURTICA : CURVA DE FREQUENCIA MAIS ACHATADA QUE A CURVA NORMAL			

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

182

RN1	RN2	VETOR DAS CONSTANTES (METROS)	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	PESOS DOS DESN. OBS.	DISTAN CIAS (KM)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	DESV. PAD. DOS DESN. AJ. (METROS)	RESIDUOS (MILIM.)	DESV. PAD. DOS RESIDUOS (METROS)
Z10	Q17	-57.1287	-17.4588	0.0270	37.00	-17.4521	0.0060	6.66	0.0084
N20	TI1	1.3752	-12.3434	0.0500	20.00	-12.3500	0.0050	-6.65	0.0057
S22	T30	0.0	24.0654	0.0244	41.00	24.0811	0.0070	15.69	0.0083
N20	F25	0.0	11.8103	0.0244	41.00	11.8075	0.0069	-2.80	0.0084
F25	T30	0.0	34.4186	0.0192	52.00	34.4135	0.0072	-5.10	0.0099
Q17	A16	23.7685	-15.9121	0.0323	31.00	-15.9081	0.0060	4.04	0.0073
N20	S22	0.0	22.1284	0.0270	37.00	22.1399	0.0065	11.50	0.0080
X32	T30	0.0	15.4827	0.0208	48.00	15.4655	0.0072	-17.15	0.0093
F25	S22	0.0	10.3317	0.0313	32.00	10.3324	0.0067	0.71	0.0069
TI2	X32	-2.1654	42.3215	0.0588	17.00	42.3153	0.0058	-6.21	0.0039
F25	X32	0.0	18.9476	0.0222	45.00	18.9479	0.0073	0.35	0.0088
S22	Q17	0.0	3.8128	0.0357	28.00	3.8114	0.0068	-1.39	0.0059
T30	Z10	57.1287	-2.8147	0.0256	39.00	-2.8175	0.0066	-2.84	0.0083
A16	N20	-23.7685	-10.0410	0.0400	25.00	-10.0433	0.0050	-2.25	0.0069



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* MATRIZ DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DOS DESNIVEIS AJUSTADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

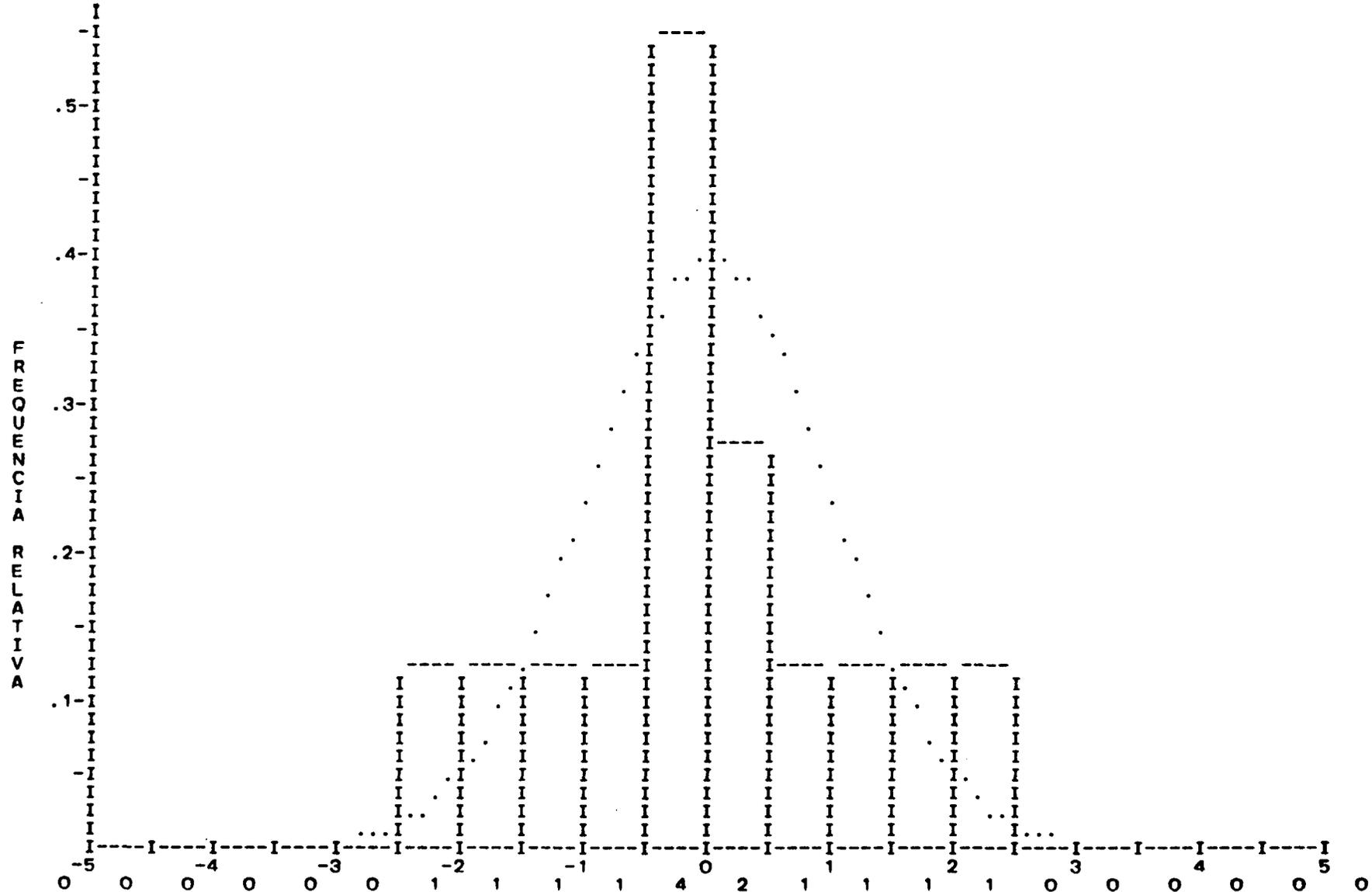
1.000	-0.145	-0.207	0.090	-0.033	-1.000	0.282	0.081	0.182	0.089	-0.114	0.508	-0.166	0.145
-0.145	1.000	0.139	0.368	0.153	0.145	0.406	-0.074	0.019	-0.138	0.226	0.213	0.202	-1.000
-0.207	0.139	1.000	0.051	0.563	0.207	-0.402	0.423	-0.444	0.118	0.142	0.304	-0.564	-0.139
0.090	0.368	0.051	1.000	-0.445	-0.090	0.502	0.047	-0.536	0.251	-0.491	-0.133	-0.272	-0.368
-0.033	0.153	0.563	-0.445	1.000	0.033	0.035	0.495	0.491	-0.022	0.508	0.049	-0.518	-0.153
-1.000	0.145	0.207	-0.090	0.033	1.000	-0.282	-0.081	-0.182	-0.089	0.114	-0.508	0.166	-0.145
0.282	0.406	-0.402	0.502	0.035	-0.282	1.000	0.142	0.461	0.112	-0.106	-0.413	-0.253	-0.406
0.081	-0.074	0.423	0.047	0.495	-0.081	0.142	1.000	0.090	-0.499	-0.497	-0.119	-0.646	0.074
0.182	0.019	-0.444	-0.536	0.491	-0.182	0.461	0.090	1.000	-0.149	0.401	-0.267	0.033	-0.019
0.089	-0.138	0.118	0.251	-0.022	-0.089	0.112	-0.499	-0.149	1.000	0.473	-0.130	-0.339	0.138
-0.114	0.226	0.142	-0.491	0.508	0.114	-0.106	-0.497	0.401	0.473	1.000	0.167	0.123	-0.226
0.508	0.213	0.304	-0.133	0.049	-0.508	-0.413	-0.119	-0.267	-0.130	0.167	1.000	0.243	-0.213
-0.166	0.202	-0.564	-0.272	-0.518	0.166	-0.253	-0.646	0.033	-0.339	0.123	0.243	1.000	-0.202
0.145	-1.000	-0.139	-0.368	-0.153	-0.145	-0.406	0.074	-0.019	0.138	-0.226	-0.213	-0.202	1.000



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC / DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED / DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT / FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

\*\*\* HISTOGRAMA DE RESÍDUOS NORMALIZADOS \*\*\*





FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

R.N.	DESV. PAD. DOS PARAM. AJUSTADOS (METROS)	ALTITUDES AJUSTADAS (METROS)
N20	0.0050	13.7252
S22	0.0064	35.8652
F25	0.0068	25.5327
Q17	0.0060	39.6766
X32	0.0058	44.4807
T30	0.0066	59.9462



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* CHAMADAS DE SUBROTINAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

\* \* \* CORORT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPL \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* ALTJUS \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPA \* \* \*  
\* \* \* TESHIP \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* TRAMAT \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* INVMAD \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* ESTATI \* \* \*



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

1- NUMERO DE OBSERVAÇÕES ( DESNIVEIS )	NEO =	14	
2- NUMERO DE PARAMETROS INCOGNITOS ( ALTITUDES DESCONHECIDAS )	NPI =	6	
3- NUMERO DE GRAUS DE LIBERDADE	NGL =	8	
4- NUMERO DE REFERENCIAS DE NIVEL DA REDE ALTIMÉTRICA	NRN =	10	
5- NUMERO DE PONTOS FIXOS DO AJUSTAMENTO ( INJUNÇÕES )	NPF =	4	
6- INTERVALO DE CONFIANCA ( REGIÃO DE ACEITAÇÃO )	RACE =	0.950	
7- NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( REGIÃO DE REJEIÇÃO )	RREJ =	0.050	
8- SOMATORIO DOS QUADRADOS DOS RESIDUOS	VTPV =	0.00002723	METROS QUADRADOS
9- VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A PRIORI	SIGPRI =	1.00000000	METROS QUADRADOS
10- VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI	SIGPOS =	0.00000340	METROS QUADRADOS
11- DETERMINANTE DA MATRIZ "ATPA" DAS EQUAÇÕES NORMAIS	DET =	0.00000067	
12- TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS PARA A VARIANCIA POPULACIONAL			HIPOTHESE BASICA REJEITADA
13- COEFICIENTE DE MOMENTO DE ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL	COFASS =	0.12	
COFASS > 0 : A DISTRIBUIÇÃO APRESENTA ASSIMETRIA POSITIVA			
14- COEFICIENTE DE MOMENTO DE CURTOSE DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL	COFCUR =	2.38	
COFCUR < 3 : A DISTRIBUIÇÃO É PLATICURTICA : CURVA DE FREQUENCIA MAIS ACHATADA QUE A CURVA NORMAL			



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

15- VALOR MÁXIMO DAS DIFERENÇAS ENTRE OS DESNÍVEIS AJUSTADOS NAS ÚLTIMAS ITERAÇÕES .....	1.84	MILÍMETROS
16- VALOR MÁXIMO DAS DIFERENÇAS ENTRE AS ALTITUDES AJUSTADAS NAS ÚLTIMAS ITERAÇÕES .....	0.29	MILÍMETROS
17- VALOR MÁXIMO DAS DIFERENÇAS ENTRE OS RESÍDUOS NAS ÚLTIMAS ITERAÇÕES .....	1.49	MILÍMETROS
18- VALOR MÁXIMO DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS .....	3.61	MILÍMETROS
19- VALOR MÍNIMO DAS DIFERENÇAS ENTRE OS DESNÍVEIS AJUSTADOS NAS ÚLTIMAS ITERAÇÕES .....	-1.73	MILÍMETROS
20- VALOR MÍNIMO DAS DIFERENÇAS ENTRE AS ALTITUDES AJUSTADAS NAS ÚLTIMAS ITERAÇÕES .....	-1.84	MILÍMETROS
21- VALOR MÍNIMO DAS DIFERENÇAS ENTRE OS RESÍDUOS NAS ÚLTIMAS ITERAÇÕES .....	-2.62	MILÍMETROS
22- VALOR MÍNIMO DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS .....	-2.39	MILÍMETROS



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RN1	RN2	VETOR DAS CONSTANTES (METROS)	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	PESOS DOS DESN. OBS.	DISTAN CIAS (KM)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	DESV. PAD. DOS DESN. AJ. (METROS)	RESIDUOS (MILIM.)	DESV. PAD. DOS RESIDUOS (METROS)
Z10	Q17	-57.1287	-17.4581	0.0270	37.00	-17.4518	0.0085	6.30	0.0091
N20	T11	1.3752	-12.3434	0.0500	20.00	-12.3501	0.0054	-6.74	0.0062
S22	T30	0.0	24.0630	0.0244	41.00	24.0794	0.0077	16.35	0.0090
N20	F25	0.0	11.8093	0.0244	41.00	11.8070	0.0075	-2.32	0.0092
F25	T30	0.0	34.4175	0.0192	52.00	34.4120	0.0079	-5.46	0.0107
Q17	A16	23.7685	-15.9115	0.0323	31.00	-15.9084	0.0065	3.13	0.0079
N20	S22	0.0	22.1278	0.0270	37.00	22.1397	0.0071	11.91	0.0087
X32	T30	0.0	15.4845	0.0208	48.00	15.4647	0.0078	-19.77	0.0101
F25	S22	0.0	10.3324	0.0313	32.00	10.3327	0.0073	0.24	0.0075
T12	X32	-2.1654	42.3220	0.0588	17.00	42.3143	0.0063	-7.69	0.0042
F25	X32	0.0	18.9455	0.0222	45.00	18.9474	0.0079	1.83	0.0095
S22	Q17	0.0	3.8138	0.0357	28.00	3.8118	0.0074	-1.94	0.0064
T30	Z10	57.1287	-2.8111	0.0256	39.00	-2.8157	0.0072	-4.60	0.0090
A16	N20	-23.7685	-10.0414	0.0400	25.00	-10.0432	0.0054	-1.79	0.0075



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RN1	RN2	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	RESÍDUOS (MILIM.)	RESÍDUOS NORMALIZADOS (MILIM.)	DIFERENÇA DE RESÍDUOS (MILIM.)	DIFERENÇA DE DESN. AJUST. (MILIM.)
Z10	Q17	-17.4581	-17.4518	6.2973	1.0353	-0.36	0.29
N20	TI1	-12.3434	-12.3501	-6.7377	-1.5066	-0.09	-0.08
S22	T30	24.0630	24.0794	16.3506	2.5535	0.66	-1.73
N20	F25	11.8093	11.8070	-2.3233	-0.3628	0.48	-0.47
F25	T30	34.4175	34.4120	-5.4581	-0.7569	-0.35	-1.45
Q17	A16	-15.9115	-15.9084	3.1293	0.5620	-0.91	-0.29
N20	S22	22.1278	22.1397	11.9128	1.9585	0.41	-0.19
X32	T30	15.4845	15.4647	-19.7712	-2.8537	-2.62	-0.85
F25	S22	10.3324	10.3327	0.2424	0.0428	-0.46	0.28
TI2	X32	42.3220	42.3143	-7.6946	-1.8662	-1.49	-0.99
F25	X32	18.9455	18.9474	1.8326	0.2732	1.49	-0.60
S22	Q17	3.8138	3.8118	-1.9391	-0.3664	-0.55	0.41
T30	Z10	-2.8111	-2.8157	-4.6047	-0.7373	-1.76	1.84
A16	N20	-10.0414	-10.0432	-1.7895	-0.3579	0.46	0.08



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS ERROS PADRÃO PARA AS LINHAS APOS O AJUSTAMENTO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RN1	RN2	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	RESIDUOS (MILIM.)	ERROS PADRÃO (MMRKM)	*** MENSAGENS DE ADVERTENCIA ***
Z10	Q17	-17.4581	-17.4518	6.30	1.07	
N20	TI1	-12.3434	-12.3501	-6.74	1.21	
S22	T30	24.0630	24.0794	16.35	1.20	
N20	F25	11.8093	11.8070	-2.32	1.16	
F25	T30	34.4175	34.4120	-5.46	1.09	
Q17	A16	-15.9115	-15.9084	3.13	1.17	
N20	S22	22.1278	22.1397	11.91	1.17	
X32	T30	15.4845	15.4647	-19.77	1.13	
F25	S22	10.3324	10.3327	0.24	1.28	
TI2	X32	42.3220	42.3143	-7.69	1.54	
F25	X32	18.9455	18.9474	1.83	1.17	
S22	Q17	3.8138	3.8118	-1.94	1.40	
T30	Z10	-2.8111	-2.8157	-4.60	1.15	
A16	N20	-10.0414	-10.0432	-1.79	1.08	

OBS. : HOUE O DE 14 OBSERVAÇÕES COM ERROS PADRÃO MAIOR QUE A TOLERANCIA : 0.0 %

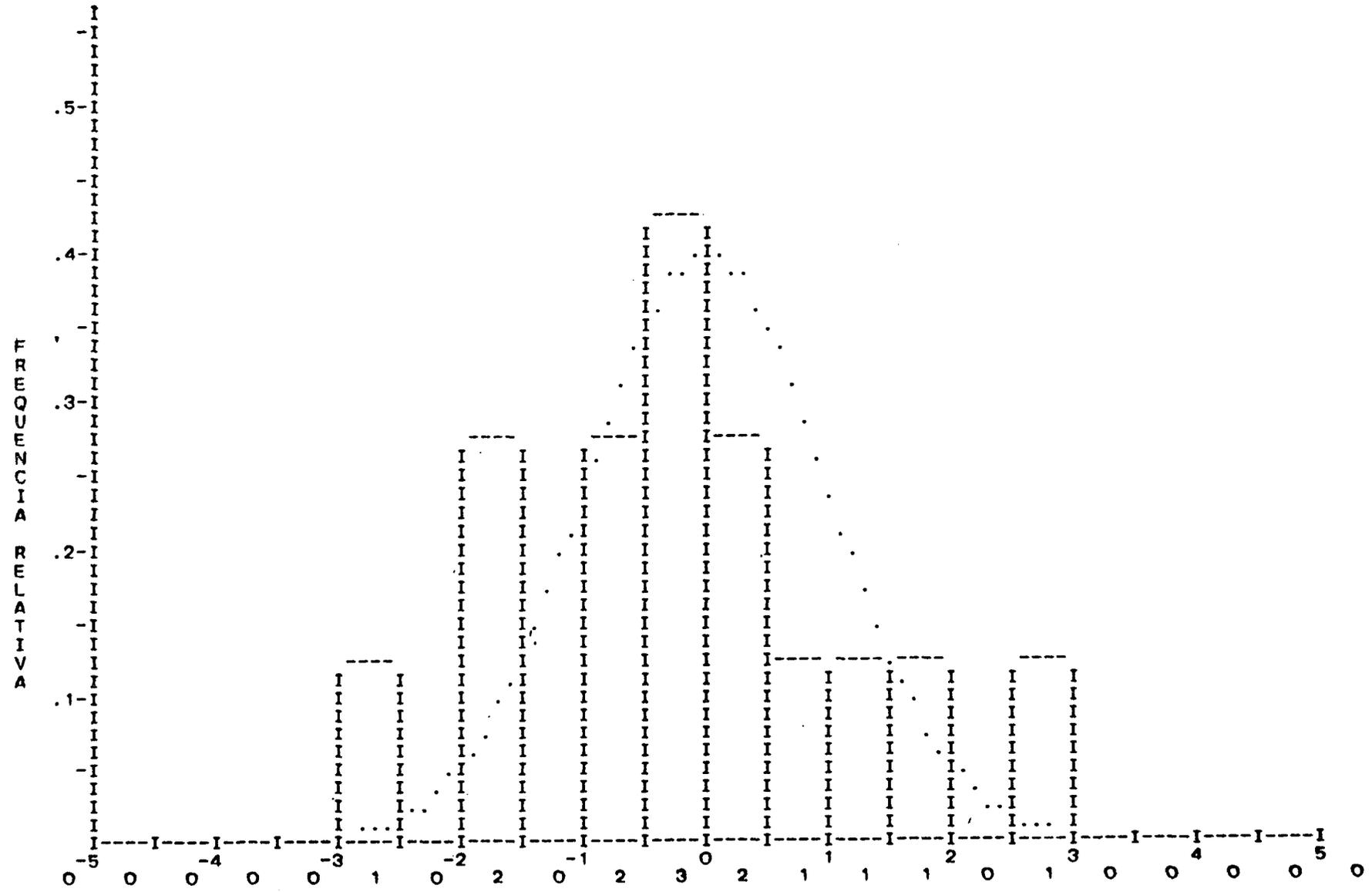
191



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC / DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED / DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT / FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

\*\*\* HISTOGRAMA DE RESÍDUOS NORMALIZADOS \*\*\*





FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DAS LATITUDES DAS REFERÊNCIAS DE NÍVEL E DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RNA	LATITUDE (GG.MM)	ALTITUDE AJUSTADA (METROS)	RNB	LATITUDE (GG.MM)	ALTITUDE AJUSTADA (METROS)	ALTITUDE MÉDIA (METROS)	DIFERENÇA DE LATIT. (GG.MM)	CORREÇÃO ORTOMÉTRICA (MILIM.)
Z10	11.00	57.1287	Q17	10.36	39.6766	48.4026	-0.24	0.66
N20	10.38	13.7252	TI1	10.35	1.3752	7.5502	-0.03	0.01
S22	11.20	35.8652	T30	12.40	59.9462	47.9057	1.20	-2.39
N20	10.38	13.7252	F25	12.00	25.5327	19.6290	1.22	-0.95
F25	12.00	25.5327	T30	12.40	59.9462	42.7395	0.40	-1.10
Q17	10.36	39.6766	A16	10.00	23.7685	31.7225	-0.36	0.62
N20	10.38	13.7252	S22	11.20	35.8652	24.7952	0.42	-0.60
X32	13.30	44.4807	T30	12.40	59.9462	52.2135	-0.50	1.77
F25	12.00	25.5327	S22	11.20	35.8652	30.6989	-0.40	0.75
TI2	14.00	2.1654	X32	13.30	44.4807	23.3230	-0.30	0.50
F25	12.00	25.5327	X32	13.30	44.4807	35.0067	1.30	-2.08
S22	11.20	35.8652	Q17	10.36	39.6766	37.7709	-0.44	0.95
T30	12.40	59.9462	Z10	11.00	57.1287	58.5375	-1.40	3.61
A16	10.00	23.7685	N20	10.38	13.7252	18.7469	0.38	-0.39



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

R.N.	DESV. PAD. DOS PARAM. AJUSTADOS (METROS)	ALTITUDES AJUSTADAS (METROS)	DIFERENÇA DE ALTITUDES AJUSTADAS (MILIM.)
N20	0.0054	13.7253	0.08
S22	0.0069	35.8650	-0.11
F25	0.0074	25.5324	-0.40
Q17	0.0065	39.6769	0.29
X32	0.0063	44.4797	-0.99
T30	0.0072	59.9444	-1.84



**ANEXO 4**





J E S 2 J O B L O G -- S Y S T E M 3 0 8 1 -- N O D E M V S X A

13.54.50 JOB 2936 CHASP373 GPRREDMC STARTED - INIT 15 - CLASS B - SYS 3081  
13.58.40 JOB 2936 CHASP395 GPRREDMC ENDED

----- JES2 JOB STATISTICS -----

04 AUG 89 JOB EXECUTION DATE

85 CARDS READ

1,924 SYSOUT PRINT RECORDS

0 SYSOUT PUNCH RECORDS

118 SYSOUT SPOOL KBYTES

3.83 MINUTES EXECUTION TIME



```
1 //GPRREDMC JOB (SAXGP121,10.5), 'GILBER DEGED/LUCAS', TIME=(1,00), JOB 2936
// MSGCLASS=F,MSGLEVEL=(1,1),NOTIFY=GPR 00020099
***ROUTE PRINT MVSXA.LOCAL 00030099
***-----00030199
*** AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO SIMULTANEO : MÉTODO DOS PARAMETROS. 00031099
*** PARA QUAISQUER ESCLARECIMENTOS SOBRE AS OPÇÕES : FIND 'DUVIDAS' 00040099
***-----00050099
2 //STEP1 EXEC PGM=G1007B9,REGION=2000K 00070099
3 //STEPLIB DD DSN=GPR.AJUSTAM.LOAD,DISP=SHR 00080099
4 //FT01FOO1 DD * 00080199
***FT02FOO1 DD DSN=GPR.ALTFIXAS.DATA( ),DISP=SHR 00089899
5 //FT03FOO1 DD DSN=GPR.DIPAN.DATA(AAGPO000),DISP=SHR 00090099
6 // DD * 00091899
7 //FT04FOO1 DD DSN=GPR.DESNAJUS.DATA(AAGPO000),DISP=SHR 00092399
***FT04FOO1 DD DUMMY 00092499
8 //FT05FOO1 DD DSN=GPR.ALTAJUST.DATA(AAGPO000),DISP=SHR 00092599
***FT05FOO1 DD DUMMY 00093099
9 //FT06FOO1 DD SYSOUT=* 00100029
10 //FT07FOO1 DD SYSOUT=*,DCB=(RECFM=FBA,LRECL=133,BLKSIZE=133) 00100199
***FT07FOO1 DD DSN=GPR.SAIDA.OUTLIST,DISP=SHR 00100299
***FT08FOO1 DD DSN=GPR. .DATA( ),DISP=SHR 00103099
***FT09FOO1 DD DSN=GPR. .DATA( ),DISP=SHR 00104099
11 //FT10FOO1 DD DSN=GPR.OUTROS.DATA(QUIQUADR),DISP=SHR 00110099
*** ----- DUVIDAS ----- SOBRE ----- AS ----- OPÇÕES ----- ? ----- 00130099
*** ORGANIZAÇÃO DOS DADOS A SEREM LIDOS NESTE "JOB CONTROL" : 00150099
*** 00150199
*** FT01 - L2 : LABEL NUMERO 2 (LEITURA DAS ALTITUDES FIXAS) 00151099
*** L3 : LABEL NUMERO 3 (LEITURA DOS DADOS PRINCIPAIS) 00152099
*** L4 : LABEL NUMERO 4 (ESCRITA DE DESNIVEIS AJUSTADOS) 00153099
*** L5 : LABEL NUMERO 5 (ESCRITA DE ALTITUDES AJUSTADAS) 00154099
*** L6 : LABEL NUMERO 6 ("DEFAULT" DO SISTEMA) 00155099
*** L7 : LABEL NUMERO 7 (ESCRITA DE DADOS NA IMPRESSORA) 00156099
*** L8 : LABEL NUMERO 8 (DESATIVADO) 00157099
*** L9 : LABEL NUMERO 9 (DESATIVADO) 00158099
*** L10 : LABEL NUMERO 10 (LEITURA DA TABELA DE QUI-QUADRADO) 00159099
*** 00159199
*** 1 NDI : NUMERO DE ITERAÇÕES (VALOR MAXIMO = 3) 00160099
*** 2 ICOR : 00 - CALCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA POR "N.O.A.A." 00161099
*** 01 - CALCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA POR "E.J.K." 00162099
*** 3 IG1 : 01 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "JORDAN" 00170099
*** 02 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MINVER" 00180099
*** 03 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MINV" 00181099
*** 04 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MODRO1" 00190099
*** 05 - INVERSÃO DE MATRIZES POR "MODROB" 00190199
*** 4 IG2 : 00 - NAO FAZ O TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS 00200099
*** 01 - FAZ O TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS 00210099
*** 5 IG3 : 00 - LEITURA DE DADOS FORMATADOS TIPO "LEVEL" 00211099
*** 01 - LEITURA DE DADOS FORMATADOS TIPO "AAGPSP" 00212099
*** 6 IG4 : 00 - NAO ESCREVE DADOS EM FT04FOO1 E EM FT05FOO1 00213099
*** 01 - ESCREVE DADOS EM FT04FOO1 E EM FT05FOO1 00214099
*** 7 IG5 : 00 - ALTITUDES FIXAS SEM INFLUENCIA DA COR. ORT. 00215099
*** 01 - ALTITUDES FIXAS COM INFLUENCIA DA COR. ORT. 00216099
*** 8 IG6 : 00 - AJUSTAMENTO DE LINHA DE NIVELAMENTO 00217099
*** 01 - AJUSTAMENTO DE REDE ALTIMÉTRICA 00218099
*** 9 IG7 : 00 - PESOS INVERS. PROPORC. AS DISCREP. DO NIV./CONTR. 00219099
*** 01 - PESOS INVERS. PROPORC. AS DISTANCIAS 00220099
*** 10 IMPO : 01 - TABELA DO QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO 00240099
*** 11 IMP1 : 01 - TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS 00250099
```



*** 15	IMP5 : 01 - TABELA DAS LATITUDES E CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS	00270099
*** 16	IMP6 : 01 - TABELA DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS DESN. AJUST.	00290099
*** 17	IMP7 : 01 - HISTOGRAMA DOS RESIDUOS NORMALIZADOS	00291099
***		00292099
***	PROB : INTERVALO DE CONFIANCA (PROBABILIDADE)	00300099
***	SIGMAO : VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A PRIORI	00310099
***	RNFIXA E RNFIXB : REFERENCIA DE NIVEL FIXA	00320099
***	ALFIX : ALTITUDE FIXA DA R.N. TIPO INJUNÇÃO (EM METROS)	00330099
***	DPAF : DESVIO-PADRÃO DA ALTITUDE FIXA (EM METROS)	00340099
***	-----	00350099



```

IEF236I ALLOC. FOR GPRREDMC STEP1
IEF237I 287 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I 308 ALLOCATED TO SYSO1261
IEF237I JES2 ALLOCATED TO FT01FOO1
IEF237I 1C4 ALLOCATED TO FT03FOO1
IEF237I JES2 ALLOCATED TO
IEF237I 123 ALLOCATED TO FT04FOO1
IEF237I 123 ALLOCATED TO FT05FOO1
IEF237I JES2 ALLOCATED TO FT06FOO1
IEF237I JES2 ALLOCATED TO FT07FOO1
IEF237I 302 ALLOCATED TO FT10FOO1
IEF142I GPRREDMC STEP1 - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF285I GPR.AJUSTAM.LOAD KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0804.
IEF285I CATALOG.MVSICF.VSHR801 KEPT
IEF285I VOL SER NOS= SHR801.
IEF285I JES2.JOB02936.SI000101 SYSIN
IEF285I GPR.DIPAN.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= RES803.
IEF285I JES2.JOB02936.SI000102 SYSIN
IEF285I GPR.DESNAJUS.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0803.
IEF285I GPR.ALTAJUST.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0803.
IEF285I JES2.JOB02936.S0000103 SYSOUT
IEF285I JES2.JOB02936.S0000104 SYSOUT
IEF285I GPR.OUTROS.DATA KEPT
IEF285I VOL SER NOS= TS0801.
IEF373I STEP /STEP1 / START 89216.1354
IEF374I STEP /STEP1 / STOP 89216.1358 CPU OMIN 33.98SEC SRB OMIN 00.04SEC VIRT 1212K SYS 300K EXT OK SYS 8856K
IEF375I JOB /GPRREDMC/ START 89216.1354
IEF376I JOB /GPRREDMC/ STOP 89216.1358 CPU OMIN 33.98SEC SRB OMIN 00.04SEC

```

201



.....  
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP  
.....

\*\*\*\*\*

- \* ARQUIVO DE DADOS (FTO3FOO1) : GPR.DIPAN.DATA(AAGPOOOO) \*
- \* AJUSTAMENTO DOS CIRCUITOS PRINCIPAIS (MACRO-CIRCUITOS) DA REDE \*
- \* DE CONTROLE VERTICAL DE ALTA PRECISÃO DO S.G.B. \*
- \* FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR \*

\*\*\*\*\*



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC / DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED / DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT / FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* LISTA DAS OPÇÕES \*\*\*

- 1- NUMERO DE ITERAÇÕES ..... NDI = 2
- 2- CALCULO DA CORREÇÃO ORTOMÉTRICA ..... ICO = 1
  - SE ICO = 1 : FÓRMULAS DO " NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION "
  - SE ICO = 2 : FÓRMULAS DE " EDWARD JULIAN KRAKIWSKY ( HEIGHTS ) "
- 3- ESCOLHA DE SUBROTINA PARA INVERSÃO DE MATRIZES ..... IG1 = 1
  - SE IG1 = 1 : "JORDAN" (INVERSÃO ATRAVÉS DO MÉTODO DE GAUSS COM PIVOTEAMENTO)
  - SE IG1 = 2 : "MINVER" (INVERSÃO ATRAVÉS DO MÉTODO PADRÃO DE GAUSS-JORDAN)
  - SE IG1 = 3 : "MINV" (INVERSÃO ATRAVÉS DO MÉTODO PADRÃO DE GAUSS-JORDAN)
  - SE IG1 = 4 : "MODRO1" (INVERSÃO DE MATRIZ POR OPERAÇÕES ELEMENTARES)
  - SE IG1 = 5 : "MODRO8" (INVERSÃO DE MATRIZ SIMÉTRICA USANDO SUBROTINA "VERSOL")
- 4- ESCOLHA PARA O TESTE DE HIPÓTESES ESTATÍSTICAS PARA A VARIÂNCIA POPULACIONAL ..... IG2 = 1
  - SE IG2 = 1 : FAZ O TESTE
  - SE IG2 <> 1 : NÃO FAZ O TESTE
- 5- TIPO DE ARQUIVO PRINCIPAL DE LEITURA ..... IG3 = 1
  - SE IG3 = 1 : ARQUIVO TIPO PADRÃO
  - SE IG3 <> 1 : ARQUIVO TIPO "LEVEL"
- 6- ESCRITA DE DADOS NOS ARQUIVOS FT04FOO1 E FT05FOO1 DO J.C.L. .... IG4 = 1
  - SE IG4 = 1 : GRAVA OS DADOS NOS ARQUIVOS
  - SE IG4 <> 1 : NÃO GRAVA OS DADOS NOS ARQUIVOS
- 7- TIPO DE ALTITUDES FIXAS (INJUNÇÕES) ..... IG5 = 1
  - SE IG5 = 1 : ALTITUDES FIXAS COM INFLUÊNCIA DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS
  - SE IG5 <> 1 : ALTITUDES FIXAS SEM INFLUÊNCIA DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS
- 8- TIPO DE AJUSTAMENTO SIMULTÂNEO ..... IG6 = 1
  - SE IG6 = 1 : AJUSTAMENTO DE REDE ALTIMÉTRICA
  - SE IG6 <> 1 : AJUSTAMENTO DE LINHA DE NIVELAMENTO
- 9- TIPO DE PONDERAÇÃO PARA AS OBSERVAÇÕES ( DESNIVEIS ) ..... IG7 = 1
  - SE IG7 = 1 : INVERSAMENTE PROPORCIONAIS AS DISTÂNCIAS
  - SE IG7 <> 1 : INVERSAMENTE PROPORCIONAIS AS DISCREPÂNCIAS DO NIV. / CONTRA-NIV.
- 10- IMPRESSÃO DO QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO ..... IMP1 = 1
  - IMPRESSÃO DA TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS ..... IMP2 = 1
  - IMPRESSÃO DA TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS ..... IMP3 = 1
  - IMPRESSÃO DA TABELA DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS ..... IMP4 = 1
  - IMPRESSÃO DA TABELA DOS ERROS PADRÃO PARA AS LINHAS APOS O AJUSTAMENTO ..... IMP5 = 1
  - IMPRESSÃO DA TABELA DAS LATITUDES DAS RRNN E DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS ..... IMP6 = 1
  - IMPRESSÃO DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS DESNIVEIS AJUSTADOS ..... IMP7 = 1
  - IMPRESSÃO DO HISTOGRAMA DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS ..... IMP8 = 1
  - SE OPÇÃO = 1 : ESCRIBE OS RESULTADOS
  - SE OPÇÃO <> 1 : NÃO ESCRIBE OS RESULTADOS



.....  
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIENCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODESIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANALISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP  
.....

\*\*\* INJUNÇÕES DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

REFERENCIAS DE NIVEL FIXAS	ALTITUDES (METROS)
4X	8.6362



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE. 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* CHAMADAS DE SUBROTINAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

\* \* \* SBATPA \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPL \* \* \*  
\* \* \* JORDAN \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* ALTJUS \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPA \* \* \*  
\* \* \* TESHIP \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* TRAMAT \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* INVMAD \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* A D V E R T E N C I A \* : "XMVCR" MENOR OU IGUAL A ZERO NO PROGRAMA PRINCIPAL  
\* \* \* ESTATI \* \* \*



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

1-	NUMERO DE OBSERVAÇÕES ( DESNIVEIS )	NEO =	56
2-	NUMERO DE PARAMETROS INCOGNITOS ( ALTITUDES DESCONHECIDAS )	NPI =	37
3-	NUMERO DE GRAUS DE LIBERDADE	NGL =	19
4-	NUMERO DE REFERENCIAS DE NIVEL DA REDE ALTIMÉTRICA	NRN =	38
5-	NUMERO DE PONTOS FIXOS DO AJUSTAMENTO ( INJUNÇÕES )	NPF =	1
6-	INTERVALO DE CONFIANCA ( REGIÃO DE ACEITAÇÃO )	RACE =	0.950
7-	NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( REGIÃO DE REJEIÇÃO )	RREJ =	0.050
8-	SOMATORIO DOS QUADRADOS DOS RESIDUOS	VTPV =	0.00017809 METROS QUADRADOS
9-	VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A PRIORI	SIGPRI =	1.00000000 METROS QUADRADOS
10-	VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI	SIGPOS =	0.00000937 METROS QUADRADOS
11-	DETERMINANTE DA MATRIZ "ATPA" DAS EQUAÇÕES NORMAIS	DET =	0.0
12-	TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS PARA A VARIANCIA POPULACIONAL		HIPOTHESE BASICA REJEITADA
13-	COEFICIENTE DE MOMENTO DE ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL	COFASS =	-0.28
	COFASS < 0 : A DISTRIBUIÇÃO APRESENTA ASSIMETRIA NEGATIVA		
14-	COEFICIENTE DE MOMENTO DE CURTOSE DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL	COFCUR =	2.38
	COFCUR < 3 : A DISTRIBUIÇÃO É PLATICURTICA : CURVA DE FREQUENCIA MAIS ACHATADA QUE A CURVA NORMAL		



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

RN1	RN2	VETOR DAS CONSTANTES (METROS)	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	PESOS DOS DESN. OBS.	DISTAN CIAS (KM)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	DESV. PAD. DOS DESN. AJ. (METROS)	RESIDUOS (MILIM.)	DESV. PAD. DOS RESIDUOS (METROS)
1900S	1777X	0.0	-523.8375	0.0017	601.39	-523.7902	0.0593	47.32	0.0461
1777X	1900S	0.0	523.8844	0.0005	2060.81	523.7902	0.0593	-94.22	0.1257
1900S	1719B	0.0	-275.2757	0.0014	696.90	-275.3624	0.0680	-86.70	0.0437
1719B	CH 2015S	0.0	674.9476	0.0017	587.80	674.9814	0.0569	33.77	0.0477
CH 2015S	2050Z	0.0	-902.5657	0.0022	456.17	-902.5938	0.0565	-28.14	0.0330
2050Z	P 4P	0.0	-23.5925	0.0031	324.48	-23.6329	0.0513	-40.37	0.0204
P 4P	4X	8.6362	-11.0222	0.0790	12.66	-11.0222	0.0109	-0.00	0.0
P 4P	1777X	0.0	2.8368	0.0065	154.76	2.8175	0.0368	-19.25	0.0097
1719B	1560B	0.0	250.6625	0.0030	338.73	250.6009	0.0504	-61.60	0.0251
1560B	1578A	0.0	44.5194	0.0016	616.57	44.4867	0.0579	-32.71	0.0493
1578A	CH 2015S	0.0	379.9713	0.0015	650.79	379.8938	0.0608	-77.53	0.0490
1578A	1254Z	0.0	-244.0753	0.0023	434.18	-244.0466	0.0561	28.69	0.0303
1254Z	CH 43X	0.0	288.7472	0.0016	627.68	288.7422	0.0653	-4.96	0.0403
CH 43X	U 9018V	0.0	-122.2582	0.0013	759.13	-122.3080	0.0668	-49.83	0.0515
U 9018V	2050Z	0.0	-444.9979	0.0007	1431.11	-445.0877	0.0872	-89.77	0.0763
1560B	1206F	0.0	-53.1308	0.0011	892.76	-53.2458	0.0716	-114.99	0.0569
1206F	1254Z	0.0	-146.2334	0.0009	1091.13	-146.3141	0.0708	-80.73	0.0722
1206F	724C	0.0	-247.2421	0.0032	308.29	-247.2590	0.0509	-16.90	0.0173
724C	735M	0.0	128.2241	0.0024	422.63	128.2293	0.0564	5.16	0.0279

207



735M		1362J	0.0	608.5933	0.0012	823.89	608.6112	0.0662	17.90	0.0578
1362J		69M	0.0	230.8075	0.0013	758.38	230.7002	0.0654	-107.26	0.0532
69M	CH	43X	0.0	-577.8172	0.0016	630.30	-577.8536	0.0637	-36.39	0.0431
69M		81J	0.0	-469.4807	0.0124	80.56	-469.4874	0.0268	-6.74	0.0063
81J		176Z	0.0	-700.6248	0.0007	1356.16	-700.7288	0.0720	-103.97	0.0868
176Z	U	9018V	0.0	470.0524	0.0013	754.17	470.0546	0.0703	2.20	0.0462
81J		156Y	0.0	261.5770	0.0012	805.00	261.5713	0.0654	-5.67	0.0571
156Y		1094G	0.0	-787.8800	0.0017	577.50	-787.8714	0.0597	8.61	0.0430
1094G		176Z	0.0	-174.4918	0.0013	792.78	-174.4287	0.0700	63.09	0.0502
1362J		903V	0.0	-194.9984	0.0021	469.78	-194.9217	0.0549	76.65	0.0372
903V	CH	900L	0.0	-311.0092	0.0108	92.26	-310.9990	0.0283	10.22	0.0079
CH 900L		901T	0.0	238.6357	0.0143	70.00	238.6410	0.0249	5.32	0.0062
901T		156Y	0.0	290.0461	0.0012	808.37	290.0638	0.0640	17.74	0.0590
901T	CH	276K	0.0	-439.8755	0.0018	551.77	-439.8457	0.0565	29.82	0.0445
CH 276K	CH	238F	0.0	-54.6721	0.0050	199.44	-54.6669	0.0398	5.18	0.0169
CH 238F		1094G	0.0	-3.3410	0.0014	712.28	-3.2949	0.0664	46.06	0.0476
CH 276K	CH	335I	0.0	125.9754	0.0017	575.30	125.9915	0.0578	16.14	0.0454
CH 335I	CH	345H	0.0	51.2419	0.0042	237.63	51.2493	0.0434	7.35	0.0185
CH 345H	CH	379U	0.0	-419.4232	0.0018	544.24	-419.4513	0.0559	-28.11	0.0444
CH 379U	CH	238F	0.0	187.4992	0.0009	1147.48	187.5436	0.0723	44.39	0.0743
CH 345H		464L	0.0	-353.0063	0.0015	684.01	-352.9498	0.0597	56.49	0.0534
464L	CH	379U	0.0	-66.5827	0.0011	898.99	-66.5015	0.0648	81.21	0.0650
CH 900L	CH	805T	0.0	-102.8382	0.0011	907.10	-102.8067	0.0635	31.53	0.0669
CH 805T		578J	0.0	-218.9703	0.0144	69.55	-218.9723	0.0249	-1.98	0.0058
578J	CH	335I	0.0	246.5640	0.0016	637.41	246.5658	0.0601	1.83	0.0486
578J		554J	0.0	-76.8557	0.0018	557.00	-76.8732	0.0586	-17.49	0.0422
554J		464L	0.0	21.7301	0.0009	1077.71	21.7385	0.0755	8.36	0.0664
CH 805T		923C	0.0	-243.0035	0.0011	895.78	-242.9468	0.0655	56.68	0.0641
923C		929T	0.0	-36.9489	0.0059	168.30	-36.9398	0.0376	9.11	0.0129
929T		554J	0.0	-16.0057	0.0008	1195.30	-16.0500	0.0700	46.82	0.0759



903V	CH	678H	0.0	-471.2576	0.0019	529.96	-471.2298	0.0568	27.78	0.0417
CH 678H		923C	0.0	-185.5140	0.0011	947.06	-185.5226	0.0680	-8.65	0.0652
735M		1268Z	0.0	17.3278	0.0019	539.91	17.3227	0.0593	-5.14	0.0394
1268Z	CH	678H	0.0	-74.8386	0.0025	396.84	-74.8630	0.0529	-24.43	0.0304
724C		1215Z	0.0	71.6888	0.0003	3279.51	71.4690	0.0852	-219.82	0.1532
1215Z		1268Z	0.0	74.1049	0.0024	422.12	74.0829	0.0561	-21.96	0.0285
1215Z		929T	0.0	-223.2189	0.0006	1574.62	-223.2425	0.0815	-23.62	0.0901



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* MATRIZ DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DOS DESNIVEIS AJUSTADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

1.000	-1.000	0.317	0.203	0.201	0.196	0.000	0.130	0.075	0.076	0.055	0.016	0.034	0.043
0.100	0.051	0.023	0.016	0.016	0.017	0.013	0.003	0.002	0.018	0.025	-0.002	0.005	0.015
0.002	0.003	0.003	0.009	0.003	0.003	0.008	-0.002	0.000	0.001	0.003	-0.001	0.001	-0.001
0.001	0.003	-0.001	0.002	-0.004	-0.001	0.004	-0.007	0.002	0.008	0.007	0.016	0.001	0.006
-1.000	1.000	-0.317	-0.203	-0.201	-0.196	-0.000	-0.130	-0.075	-0.076	-0.055	-0.016	-0.034	-0.043
-0.100	-0.051	-0.023	-0.016	-0.016	-0.017	-0.013	-0.003	-0.002	-0.018	-0.025	0.002	-0.005	-0.015
-0.002	-0.003	-0.003	-0.009	-0.003	-0.003	-0.008	0.002	-0.000	-0.001	-0.003	0.001	-0.001	0.001
-0.001	-0.003	0.001	-0.002	0.004	0.001	-0.004	0.007	-0.002	-0.008	-0.007	-0.016	-0.001	-0.006
0.317	-0.317	1.000	-0.265	-0.262	-0.255	-0.000	-0.170	-0.098	-0.099	-0.072	-0.020	-0.044	-0.056
-0.130	-0.066	-0.030	-0.020	-0.021	-0.022	-0.017	-0.004	-0.003	-0.023	-0.032	0.002	-0.007	-0.020
-0.002	-0.004	-0.004	-0.011	-0.004	-0.004	-0.011	0.003	-0.000	-0.001	-0.004	0.001	-0.002	0.001
-0.001	-0.004	0.001	-0.003	0.005	0.001	-0.005	0.009	-0.003	-0.010	-0.009	-0.020	-0.001	-0.008
0.203	-0.203	-0.265	1.000	-0.256	-0.164	0.000	-0.109	0.282	0.330	0.387	-0.040	0.012	0.035
0.095	0.137	0.099	0.028	0.029	0.030	0.026	0.018	0.001	0.018	0.030	-0.007	0.006	0.020
0.002	0.005	0.005	0.015	0.005	0.004	0.013	-0.004	0.000	0.001	0.005	-0.001	0.002	-0.002
0.001	0.005	-0.001	0.004	-0.007	-0.001	0.006	-0.012	0.004	0.013	0.012	0.027	0.001	0.011
0.201	-0.201	-0.262	-0.256	1.000	-0.162	0.000	-0.107	-0.005	-0.051	-0.187	0.098	0.113	0.125
0.274	0.050	-0.014	0.030	0.031	0.031	0.022	-0.007	0.008	0.047	0.061	0.001	0.014	0.036
0.005	0.007	0.006	0.017	0.008	0.007	0.018	-0.005	0.000	0.002	0.006	-0.001	0.003	-0.002
0.001	0.008	-0.001	0.005	-0.008	-0.001	0.007	-0.013	0.005	0.015	0.013	0.031	0.001	0.013



-0.081	-0.041	-0.019	-0.013	-0.013	-0.013	-0.010	-0.002	-0.002	-0.014	-0.020	0.001	-0.004	-0.012
-0.002	-0.003	-0.002	-0.007	-0.003	-0.002	-0.007	0.002	-0.000	-0.001	-0.002	0.001	-0.001	0.001
-0.000	-0.002	0.000	-0.002	0.003	0.000	-0.003	0.006	-0.002	-0.006	-0.005	-0.013	-0.000	-0.005
0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	-0.000	-0.000	0.000
0.000	-0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000
-0.000	-0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000
0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	-0.000
0.130	-0.130	-0.170	-0.109	-0.107	-0.105	-0.000	1.000	-0.040	-0.041	-0.029	-0.008	-0.018	-0.023
-0.053	-0.027	-0.012	-0.008	-0.009	-0.009	-0.007	-0.002	-0.001	-0.010	-0.013	0.001	-0.003	-0.008
-0.001	-0.002	-0.002	-0.005	-0.002	-0.002	-0.004	0.001	-0.000	-0.000	-0.002	0.000	-0.001	0.001
-0.000	-0.002	0.000	-0.001	0.002	0.000	-0.002	0.004	-0.001	-0.004	-0.004	-0.008	-0.000	-0.003
0.075	-0.075	-0.098	0.282	-0.005	-0.061	-0.000	-0.040	1.000	-0.280	-0.299	0.013	-0.037	-0.059
-0.147	-0.133	-0.084	-0.031	-0.033	-0.034	-0.028	-0.014	-0.003	-0.027	-0.040	0.006	-0.008	-0.026
-0.003	-0.006	-0.005	-0.017	-0.006	-0.005	-0.015	0.005	-0.000	-0.002	-0.005	0.001	-0.003	0.002
-0.001	-0.005	0.001	-0.004	0.008	0.001	-0.007	0.014	-0.004	-0.015	-0.013	-0.031	-0.001	-0.013
0.076	-0.076	-0.099	0.330	-0.051	-0.061	-0.000	-0.041	-0.280	1.000	-0.410	-0.231	-0.100	-0.051
-0.056	0.330	0.300	0.043	0.045	0.048	0.047	0.059	-0.006	-0.004	0.012	-0.021	0.000	0.015
-0.002	0.006	0.006	0.021	0.004	0.005	0.014	-0.005	0.000	0.001	0.006	-0.002	0.003	-0.004
0.001	0.006	-0.002	0.005	-0.009	-0.001	0.008	-0.018	0.005	0.019	0.017	0.041	0.002	0.016
0.055	-0.055	-0.072	0.387	-0.187	-0.044	0.000	-0.029	-0.299	-0.410	1.000	0.172	0.137	0.130
0.264	-0.076	-0.122	0.011	0.012	0.010	0.002	-0.028	0.009	0.044	0.050	0.009	0.012	0.028
0.005	0.004	0.003	0.008	0.005	0.004	0.011	-0.003	0.000	0.001	0.003	-0.001	0.002	0.000
0.001	0.003	-0.000	0.003	-0.004	-0.000	0.003	-0.005	0.003	0.007	0.006	0.012	0.000	0.006
0.016	-0.016	-0.020	-0.040	0.098	-0.013	-0.000	-0.008	0.013	-0.231	0.172	1.000	-0.172	-0.131
-0.232	0.295	0.306	0.023	0.024	0.028	0.032	0.083	-0.011	-0.035	-0.028	-0.021	-0.009	-0.008
-0.005	0.001	0.002	0.010	-0.001	0.000	0.002	-0.002	-0.000	0.000	0.001	-0.001	0.001	-0.003
0.000	0.002	-0.001	0.002	-0.004	-0.001	0.003	-0.010	0.002	0.009	0.009	0.021	0.001	0.008
0.034	-0.034	-0.044	0.012	0.113	-0.027	-0.000	-0.018	-0.037	-0.100	0.137	-0.172	1.000	-0.221
-0.300	0.049	-0.268	0.129	0.136	0.147	0.147	0.199	-0.022	-0.034	0.013	-0.069	-0.006	0.034
-0.007	0.017	0.017	0.063	0.011	0.013	0.039	-0.015	0.000	0.004	0.016	-0.004	0.008	-0.014



0.003	0.016	-0.005	0.014	-0.028	-0.005	0.024	-0.056	0.014	0.057	0.053	0.125	0.006	0.048
0.043	-0.043	-0.056	0.035	0.125	-0.035	0.000	-0.023	-0.059	-0.051	0.130	-0.131	-0.221	1.000
-0.345	-0.051	-0.094	0.012	0.011	-0.003	-0.057	-0.290	0.073	0.317	0.336	0.093	0.088	0.164
0.040	0.018	0.014	0.020	0.032	0.022	0.058	-0.011	0.002	0.005	0.016	-0.003	0.007	0.008
0.004	0.015	0.000	0.010	-0.011	-0.000	0.011	-0.007	0.011	0.016	0.011	0.020	-0.002	0.015
0.100	-0.100	-0.130	0.095	0.274	-0.081	0.000	-0.053	-0.147	-0.056	0.264	-0.232	-0.300	-0.345
1.000	-0.208	-0.019	-0.094	-0.097	-0.098	-0.072	0.008	-0.021	-0.134	-0.175	0.001	-0.040	-0.104
-0.015	-0.020	-0.018	-0.053	-0.023	-0.020	-0.055	0.016	-0.001	-0.005	-0.019	0.004	-0.009	0.005
-0.004	-0.018	0.003	-0.014	0.024	0.003	-0.022	0.042	-0.015	-0.047	-0.041	-0.095	-0.003	-0.040
0.051	-0.051	-0.066	0.137	0.050	-0.041	-0.000	-0.027	-0.133	0.330	-0.076	0.295	0.049	-0.051
-0.208	1.000	-0.507	-0.108	-0.113	-0.119	-0.107	-0.095	0.001	-0.045	-0.088	0.035	-0.016	-0.066
-0.003	-0.018	-0.017	-0.056	-0.016	-0.016	-0.045	0.015	-0.001	-0.005	-0.017	0.004	-0.008	0.009
-0.003	-0.017	0.004	-0.013	0.025	0.004	-0.022	0.047	-0.014	-0.050	-0.045	-0.106	-0.004	-0.042
0.023	-0.023	-0.030	0.099	-0.014	-0.019	0.000	-0.012	-0.084	0.300	-0.122	0.306	-0.268	-0.094
-0.019	-0.507	1.000	0.162	0.169	0.181	0.172	0.194	-0.014	0.015	0.076	-0.068	0.009	0.072
-0.002	0.024	0.024	0.082	0.019	0.020	0.058	-0.021	0.001	0.006	0.022	-0.006	0.011	-0.016
0.004	0.023	-0.006	0.019	-0.036	-0.006	0.031	-0.070	0.019	0.073	0.067	0.158	0.007	0.062
0.016	-0.016	-0.020	0.028	0.030	-0.013	-0.000	-0.008	-0.031	0.043	0.011	0.023	0.129	0.012
-0.094	-0.108	0.162	1.000	-0.121	-0.129	-0.119	-0.122	0.006	-0.028	-0.073	0.044	-0.011	-0.060
-0.001	-0.018	-0.018	-0.059	-0.015	-0.016	-0.045	0.015	-0.001	-0.005	-0.017	0.004	-0.008	0.011
-0.003	-0.017	0.004	-0.014	0.026	0.004	-0.023	0.051	-0.014	-0.053	-0.048	-0.114	-0.005	-0.045
0.016	-0.016	-0.021	0.029	0.081	-0.013	-0.000	-0.009	-0.033	0.045	0.012	0.024	0.136	0.011
-0.097	-0.113	0.169	-0.121	1.000	-0.185	-0.136	-0.130	0.004	-0.033	-0.074	0.039	-0.013	-0.059
-0.027	-0.022	-0.018	-0.057	-0.020	-0.015	-0.041	0.010	-0.001	-0.004	-0.012	0.002	-0.005	-0.003
-0.003	-0.012	0.000	-0.009	0.013	-0.005	-0.010	0.034	-0.028	-0.162	-0.042	0.489	0.092	0.010
0.017	-0.017	-0.022	0.030	0.031	-0.013	-0.000	-0.009	-0.034	0.048	0.010	0.028	0.147	-0.003
-0.098	-0.119	0.181	-0.129	-0.185	1.000	-0.257	-0.155	-0.020	-0.073	-0.061	-0.034	-0.026	-0.021
-0.335	-0.033	-0.010	0.000	-0.036	-0.003	0.009	-0.032	-0.003	0.004	0.023	-0.011	0.014	-0.091
0.001	0.027	-0.023	0.029	-0.090	-0.017	0.071	-0.271	0.040	0.333	0.239	0.132	-0.035	0.157
0.013	-0.013	-0.017	0.028	0.022	-0.010	0.000	-0.007	-0.028	0.047	0.002	0.032	0.147	-0.057

0.312	0.111	0.089	0.293	0.081	0.057	0.152	-0.031	0.004	0.014	0.043	-0.007	0.018	0.035
0.012	0.042	0.003	0.028	-0.025	0.003	0.027	0.023	0.035	0.023	0.000	-0.061	-0.019	0.018
0.003	-0.003	-0.004	0.018	-0.007	-0.002	0.000	-0.002	-0.014	0.059	-0.028	0.063	0.199	-0.290
0.008	-0.095	0.194	-0.122	-0.130	-0.155	-0.202	1.000	0.087	0.311	0.279	0.152	0.083	0.108
0.042	-0.002	-0.006	-0.048	0.017	0.006	0.010	0.006	0.001	0.000	-0.002	0.002	-0.002	0.022
0.000	-0.004	0.005	-0.005	0.019	0.004	-0.015	0.051	-0.005	-0.044	-0.044	-0.112	-0.008	-0.036
0.002	-0.002	-0.003	0.001	0.008	-0.002	-0.000	-0.001	-0.003	-0.006	0.009	-0.011	-0.022	0.073
-0.021	0.001	-0.014	0.006	0.004	-0.020	-0.111	0.087	1.000	-0.146	-0.083	-0.130	-0.033	-0.000
0.068	0.029	0.025	0.091	0.016	0.013	0.036	-0.010	0.001	0.004	0.012	-0.003	0.005	0.002
0.003	0.012	-0.001	0.009	-0.012	-0.001	0.011	-0.010	0.011	0.020	0.014	0.018	-0.003	0.016
0.018	-0.018	-0.023	0.018	0.047	-0.014	0.000	-0.010	-0.027	-0.004	0.044	-0.035	-0.034	0.317
-0.134	-0.045	0.015	-0.028	-0.033	-0.073	-0.197	0.311	-0.146	1.000	-0.386	0.353	0.273	0.465
0.095	0.033	0.023	-0.006	0.083	0.053	0.138	-0.021	0.004	0.011	0.035	-0.005	0.014	0.031
0.009	0.031	0.003	0.021	-0.015	0.002	0.018	0.009	0.020	0.013	0.003	-0.008	-0.007	0.015
213 0.025	-0.025	-0.032	0.030	0.061	-0.020	0.000	-0.013	-0.040	0.012	0.050	-0.028	0.013	0.336
-0.175	-0.088	0.076	-0.073	-0.074	-0.061	0.007	0.279	-0.083	-0.386	1.000	-0.087	-0.109	-0.223
-0.047	-0.030	-0.025	-0.053	-0.045	-0.034	-0.090	0.021	-0.002	-0.008	-0.027	0.005	-0.012	-0.004
-0.006	-0.026	0.002	-0.019	0.026	0.002	-0.025	0.034	-0.020	-0.046	-0.038	-0.081	-0.000	-0.040
-0.002	0.002	0.002	-0.007	0.001	0.001	-0.000	0.001	0.006	-0.021	0.009	-0.021	-0.069	0.093
0.001	0.035	-0.068	0.044	0.039	-0.034	-0.324	0.152	-0.130	0.353	-0.087	1.000	-0.313	-0.304
0.216	0.098	0.087	0.375	0.011	0.019	0.059	-0.027	0.000	0.007	0.026	-0.007	0.013	-0.010
0.006	0.029	-0.006	0.022	-0.040	-0.003	0.035	-0.045	0.031	0.072	0.053	0.079	-0.006	0.055
0.005	-0.005	-0.007	0.006	0.014	-0.004	0.000	-0.003	-0.008	0.000	0.012	-0.009	-0.006	0.088
-0.040	-0.016	0.009	-0.011	-0.013	-0.026	-0.030	0.083	-0.033	0.273	-0.109	-0.313	1.000	-0.279
0.004	-0.007	-0.021	-0.356	0.202	0.122	0.310	-0.037	0.010	0.024	0.072	-0.008	0.028	0.075
0.018	0.059	0.010	0.039	-0.018	0.004	0.028	0.025	0.029	0.003	-0.005	-0.002	-0.007	0.018
0.015	-0.015	-0.020	0.020	0.036	-0.012	0.000	-0.008	-0.026	0.015	0.026	-0.008	0.034	0.164
-0.104	-0.066	0.072	-0.060	-0.059	-0.021	0.126	0.108	-0.000	0.465	-0.223	-0.304	-0.279	1.000
-0.107	-0.051	-0.040	-0.052	-0.098	-0.067	-0.178	0.035	-0.005	-0.016	-0.050	0.009	-0.021	-0.023
-0.012	-0.046	0.000	-0.033	0.037	0.002	-0.037	0.030	-0.033	-0.056	-0.042	-0.081	0.004	-0.051



0.002	-0.002	-0.002	0.002	0.005	-0.002	-0.000	-0.001	-0.003	-0.002	0.005	-0.005	-0.007	0.040
-0.015	-0.003	-0.002	-0.001	-0.027	-0.335	0.312	0.042	0.068	0.095	-0.047	0.216	0.004	-0.107
1.000	-0.104	-0.073	-0.216	-0.085	-0.044	-0.106	0.001	-0.005	-0.007	-0.017	-0.003	-0.004	-0.088
-0.008	-0.012	-0.018	-0.001	-0.044	-0.014	0.029	-0.203	0.002	0.212	0.164	0.136	-0.010	0.094
0.003	-0.003	-0.004	0.005	0.007	-0.003	-0.000	-0.002	-0.006	0.006	0.004	0.001	0.017	0.018
-0.020	-0.018	0.024	-0.018	-0.022	-0.033	0.111	-0.002	0.029	0.033	-0.030	0.098	-0.007	-0.051
-0.104	1.000	-0.044	-0.110	-0.069	-0.022	-0.041	-0.026	-0.005	0.000	0.011	-0.010	0.010	-0.118
-0.002	0.018	-0.025	0.023	-0.101	0.004	0.068	0.111	0.115	-0.003	-0.027	-0.000	-0.025	0.064
0.003	-0.003	-0.004	0.005	0.006	-0.002	-0.000	-0.002	-0.005	0.006	0.003	0.002	0.017	0.014
-0.018	-0.017	0.024	-0.018	-0.018	-0.010	0.089	-0.006	0.025	0.023	-0.025	0.087	-0.021	-0.040
-0.073	-0.044	1.000	-0.117	-0.123	-0.021	-0.014	-0.083	-0.001	0.011	0.046	-0.016	0.024	0.116
0.026	0.085	0.012	0.045	-0.016	0.006	0.030	0.048	0.034	-0.015	-0.020	-0.017	-0.008	0.012
0.009	-0.009	-0.011	0.015	0.017	-0.007	0.000	-0.005	-0.017	0.021	0.008	0.010	0.063	0.020
-0.053	-0.056	0.082	-0.059	-0.057	0.000	0.293	-0.048	0.091	-0.006	-0.053	0.375	-0.356	-0.052
-0.216	-0.110	-0.117	1.000	0.252	0.140	0.345	-0.021	0.012	0.025	0.067	-0.003	0.024	0.109
0.018	0.047	0.018	0.028	0.018	0.008	0.001	0.080	0.006	-0.070	-0.061	-0.084	-0.004	-0.033
0.003	-0.003	-0.004	0.005	0.008	-0.003	-0.000	-0.002	-0.006	0.004	0.005	-0.001	0.011	0.032
-0.023	-0.016	0.019	-0.015	-0.020	-0.036	0.081	0.017	0.016	0.083	-0.045	0.011	0.202	-0.098
-0.085	-0.069	-0.123	0.252	1.000	-0.182	-0.317	-0.270	-0.014	0.020	0.109	-0.053	0.066	0.319
0.077	0.260	0.028	0.135	-0.071	0.013	0.105	0.105	0.113	0.002	-0.023	0.005	-0.025	0.068
0.003	-0.003	-0.004	0.004	0.007	-0.002	0.000	-0.002	-0.005	0.005	0.004	0.000	0.013	0.022
-0.020	-0.016	0.020	-0.016	-0.015	-0.003	0.057	0.006	0.013	0.053	-0.034	0.019	0.122	-0.067
-0.044	-0.022	-0.021	0.140	-0.182	1.000	-0.199	0.171	0.081	0.117	0.274	0.032	0.072	0.010
-0.001	-0.025	0.021	0.035	0.012	0.003	0.004	0.016	-0.002	-0.016	-0.014	-0.021	-0.000	-0.009
0.008	-0.008	-0.011	0.013	0.018	-0.007	0.000	-0.004	-0.015	0.014	0.011	0.002	0.039	0.058
-0.055	-0.045	0.058	-0.045	-0.041	0.009	0.152	0.010	0.036	0.138	-0.090	0.059	0.310	-0.178
-0.106	-0.041	-0.014	0.345	-0.317	-0.199	1.000	0.074	-0.015	-0.042	-0.127	0.017	-0.052	-0.105
-0.032	-0.108	-0.010	-0.074	0.054	-0.002	-0.066	0.001	-0.063	-0.056	-0.035	-0.074	0.012	-0.068
-0.002	0.002	0.003	-0.004	-0.005	0.002	-0.000	0.001	0.005	-0.005	-0.003	-0.002	-0.015	-0.011
0.018	0.015	-0.021	0.015	0.010	-0.032	-0.031	0.006	-0.010	-0.021	0.021	-0.027	-0.037	0.035



0.080	Q.316	-0.013	0.068	-0.096	0.007	0.099	0.075	0.119	0.035	0.004	0.047	-0.025	0.088
0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000	0.002
-0.001	-0.001	0.001	-0.001	-0.001	-0.003	0.004	0.001	0.001	0.004	-0.002	0.000	0.010	-0.005
-0.005	-0.005	-0.001	0.012	-0.014	0.081	-0.015	-0.176	1.000	-0.176	-0.280	-0.172	0.006	-0.015
-0.009	-0.163	0.115	0.220	0.031	0.013	0.054	0.008	0.008	0.001	-0.002	0.002	-0.003	0.009
0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.002	-0.001	0.000	-0.000	-0.002	0.001	0.001	0.000	0.004	0.005
-0.005	-0.005	0.006	-0.005	-0.004	0.004	0.014	0.000	0.004	0.011	-0.008	0.007	0.024	-0.016
-0.007	0.000	0.011	0.025	0.020	0.117	-0.042	-0.213	-0.176	1.000	-0.433	0.374	0.519	-0.057
-0.017	-0.114	0.045	0.069	0.029	0.004	0.002	-0.008	-0.018	-0.008	-0.003	-0.010	0.003	-0.013
0.003	-0.003	-0.004	0.005	0.006	-0.002	0.000	-0.002	-0.005	0.006	0.003	0.001	0.016	0.016
-0.019	-0.017	0.022	-0.017	-0.012	0.023	0.043	-0.002	0.012	0.035	-0.027	0.026	0.072	-0.050
-0.017	0.011	0.046	0.067	0.109	0.274	-0.127	-0.434	-0.280	-0.433	1.000	-0.075	-0.305	-0.187
-0.045	-0.080	-0.082	-0.220	0.042	-0.014	-0.111	-0.050	-0.087	-0.032	-0.007	-0.043	0.019	-0.071
-0.001	0.001	0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	-0.002	-0.001	-0.001	-0.004	-0.003
0.004	0.004	-0.006	0.004	0.002	-0.011	-0.007	0.002	-0.003	-0.005	0.005	-0.007	-0.008	0.009
-0.003	-0.010	-0.016	-0.003	-0.053	0.032	0.017	-0.117	-0.172	0.374	-0.075	1.000	-0.599	0.036
0.001	-0.208	0.188	0.380	0.032	0.023	0.110	0.027	0.038	0.011	-0.001	0.016	-0.010	0.034
0.001	-0.001	-0.002	0.002	0.003	-0.001	-0.000	-0.001	-0.003	0.003	0.002	0.001	0.008	0.007
-0.009	-0.008	0.011	-0.008	-0.005	0.014	0.018	-0.002	0.005	0.014	-0.012	0.013	0.028	-0.021
-0.004	0.010	0.024	0.024	0.066	0.072	-0.052	-0.076	0.006	0.519	-0.305	-0.599	1.000	-0.082
-0.015	0.093	-0.135	-0.291	-0.004	-0.018	-0.100	-0.032	-0.050	-0.017	-0.002	-0.023	0.012	-0.043
-0.001	0.001	0.001	-0.002	-0.002	0.001	-0.000	0.001	0.002	-0.004	0.000	-0.003	-0.014	0.008
0.005	0.009	-0.016	0.011	-0.003	-0.091	0.035	0.022	0.002	0.031	-0.004	-0.010	0.075	-0.023
-0.088	-0.118	0.116	0.109	0.319	0.010	-0.105	0.306	-0.015	-0.057	-0.187	0.036	-0.082	1.000
-0.143	-0.354	-0.170	-0.130	-0.361	-0.011	0.142	0.243	0.333	0.063	-0.016	0.086	-0.068	0.217
0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.001	-0.000	0.000	-0.000	-0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.004
-0.004	-0.003	0.004	-0.003	-0.003	0.001	0.012	0.000	0.003	0.009	-0.006	0.006	0.018	-0.012
-0.008	-0.002	0.026	0.018	0.077	-0.001	-0.032	0.080	-0.009	-0.017	-0.045	0.001	-0.015	-0.143
1.000	-0.103	-0.090	-0.016	0.125	0.037	0.135	-0.002	-0.013	-0.004	-0.005	-0.004	-0.002	0.002
0.003	-0.003	-0.004	0.005	0.006	-0.002	0.0	-0.002	-0.005	0.006	0.003	0.002	0.016	0.015



-0.018	-0.017	0.023	-0.017	-0.012	0.027	0.042	-0.004	0.012	0.031	-0.026	0.029	0.059	-0.046
-0.012	0.018	0.085	0.047	0.260	-0.025	-0.108	0.316	-0.163	-0.114	-0.080	-0.208	0.093	-0.354
-0.103	1.000	0.236	0.355	0.163	0.018	-0.001	-0.065	-0.112	-0.035	-0.008	-0.046	0.021	-0.076
-0.001	0.001	0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	-0.002	-0.000	-0.001	-0.005	0.000
0.003	0.004	-0.006	0.004	0.000	-0.023	0.003	0.005	-0.001	0.003	0.002	-0.006	0.010	0.000
-0.018	-0.025	0.012	0.018	0.028	0.021	-0.010	-0.013	0.115	0.045	-0.082	0.188	-0.135	-0.170
-0.090	0.236	1.000	-0.374	0.279	0.110	0.460	0.051	0.057	0.017	-0.010	0.027	-0.024	0.075
0.002	-0.002	-0.003	0.004	0.005	-0.002	0.000	-0.001	-0.004	0.005	0.003	0.002	0.014	0.010
-0.014	-0.013	0.019	-0.014	-0.009	0.029	0.028	-0.005	0.009	0.021	-0.019	0.022	0.039	-0.033
-0.001	0.023	0.045	0.028	0.135	0.035	-0.074	0.068	0.220	0.069	-0.220	0.380	-0.291	-0.130
-0.016	0.355	-0.374	1.000	-0.044	-0.046	-0.240	-0.066	-0.099	-0.031	-0.001	-0.044	0.025	-0.087
-0.004	0.004	0.005	-0.007	-0.008	0.003	0.000	0.002	0.008	-0.009	-0.004	-0.004	-0.028	-0.011
0.024	0.025	-0.036	0.026	0.013	-0.090	-0.025	0.019	-0.012	-0.015	0.026	-0.040	-0.018	0.037
-0.044	-0.101	-0.016	0.018	-0.071	0.012	0.054	-0.096	0.031	0.029	0.042	0.032	-0.004	-0.361
0.125	0.163	0.279	-0.044	1.000	-0.191	-0.526	0.242	0.381	0.082	0.010	0.103	-0.057	0.198
-0.001	0.001	0.001	-0.001	-0.001	0.000	-0.000	0.000	0.001	-0.001	-0.000	-0.001	-0.005	-0.000
0.003	0.004	-0.006	0.004	-0.005	-0.017	0.003	0.004	-0.001	0.002	0.002	-0.003	0.004	0.002
-0.014	0.004	0.006	0.008	0.013	0.003	-0.002	0.007	0.013	0.004	-0.014	0.023	-0.018	-0.011
0.037	0.018	0.110	-0.046	-0.191	1.000	-0.240	-0.026	-0.170	0.006	-0.071	0.051	-0.076	0.221
0.004	-0.004	-0.005	0.006	0.007	-0.003	-0.000	-0.002	-0.007	0.008	0.003	0.003	0.024	0.011
-0.022	-0.022	0.031	-0.023	-0.010	0.071	0.027	-0.015	0.011	0.018	-0.025	0.035	0.028	-0.037
0.029	0.068	0.030	0.001	0.105	0.004	-0.066	0.099	0.054	0.002	-0.111	0.110	-0.100	0.142
0.135	-0.001	0.460	-0.240	-0.526	-0.240	1.000	-0.162	-0.210	-0.064	0.017	-0.097	0.070	-0.227
-0.007	0.007	0.009	-0.012	-0.013	0.006	-0.000	0.004	0.014	-0.018	-0.005	-0.010	-0.056	-0.007
0.042	0.047	-0.070	0.051	0.034	-0.271	0.023	0.051	-0.010	0.009	0.034	-0.045	0.025	0.030
-0.203	0.111	0.048	0.080	0.105	0.016	0.001	0.075	0.008	-0.008	-0.050	0.027	-0.032	0.243
-0.002	-0.065	0.051	-0.066	0.242	-0.026	-0.162	1.000	-0.329	0.239	0.257	0.149	0.060	-0.079
0.002	-0.002	-0.003	0.004	0.005	-0.002	-0.000	-0.001	-0.004	0.005	0.003	0.002	0.014	0.011
-0.015	-0.014	0.019	-0.014	-0.028	0.040	0.035	-0.005	0.011	0.020	-0.020	0.031	0.029	-0.033
0.002	0.115	0.034	0.006	0.113	-0.002	-0.063	0.119	0.008	-0.018	-0.087	0.038	-0.050	0.333



0.008	-0.008	-0.010	0.013	0.015	-0.006	-0.000	-0.004	-0.015	0.019	0.007	0.009	0.057	0.016
-0.047	-0.050	0.073	-0.053	-0.162	0.333	0.023	-0.044	0.020	0.013	-0.046	0.072	0.003	-0.056
0.212	-0.003	-0.015	-0.070	0.002	-0.016	-0.056	0.035	0.001	-0.008	-0.032	0.011	-0.017	0.063
-0.004	-0.035	0.017	-0.031	0.082	0.006	-0.064	0.239	-0.064	1.000	-0.227	0.498	0.137	-0.103
0.007	-0.007	-0.009	0.012	0.013	-0.005	-0.000	-0.004	-0.013	0.017	0.006	0.009	0.053	0.011
-0.041	-0.045	0.067	-0.048	-0.042	0.239	0.000	-0.044	0.014	0.003	-0.038	0.053	-0.005	-0.042
0.164	-0.027	-0.020	-0.061	-0.023	-0.014	-0.035	0.004	-0.002	-0.003	-0.007	-0.001	-0.002	-0.016
-0.005	-0.008	-0.010	-0.001	0.010	-0.071	0.017	0.257	-0.230	-0.227	1.000	-0.091	-0.144	0.325
0.016	-0.016	-0.020	0.027	0.031	-0.013	-0.000	-0.008	-0.031	0.041	0.012	0.021	0.125	0.020
-0.095	-0.106	0.158	-0.114	0.489	0.132	-0.061	-0.112	0.018	-0.008	-0.081	0.079	-0.002	-0.081
0.136	-0.000	-0.017	-0.084	0.005	-0.021	-0.074	0.047	0.002	-0.010	-0.043	0.016	-0.023	0.086
-0.004	-0.046	0.027	-0.044	0.103	0.051	-0.097	0.149	0.054	0.498	-0.091	1.000	-0.502	-0.335
0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.001	-0.000	0.000	-0.000	-0.001	0.002	0.000	0.001	0.006	-0.002
-0.003	-0.004	0.007	-0.005	0.092	-0.035	-0.019	-0.008	-0.003	-0.007	-0.000	-0.006	-0.007	0.004
-0.010	-0.025	-0.008	-0.004	-0.025	-0.000	0.012	-0.025	-0.003	0.003	0.019	-0.010	0.012	-0.068
-0.002	0.021	-0.024	0.025	-0.057	-0.076	0.070	0.060	-0.178	0.137	-0.144	-0.502	1.000	0.411
0.006	-0.006	-0.008	0.011	0.013	-0.005	-0.000	-0.003	-0.013	0.016	0.006	0.008	0.048	0.015
-0.040	-0.042	0.062	-0.045	0.010	0.157	0.018	-0.036	0.016	0.015	-0.040	0.055	0.018	-0.051
0.094	0.064	0.012	-0.033	0.068	-0.009	-0.068	0.088	0.009	-0.013	-0.071	0.034	-0.043	0.217
0.002	-0.076	0.075	-0.087	0.198	0.221	-0.227	-0.079	0.485	-0.103	0.325	-0.335	0.411	1.000



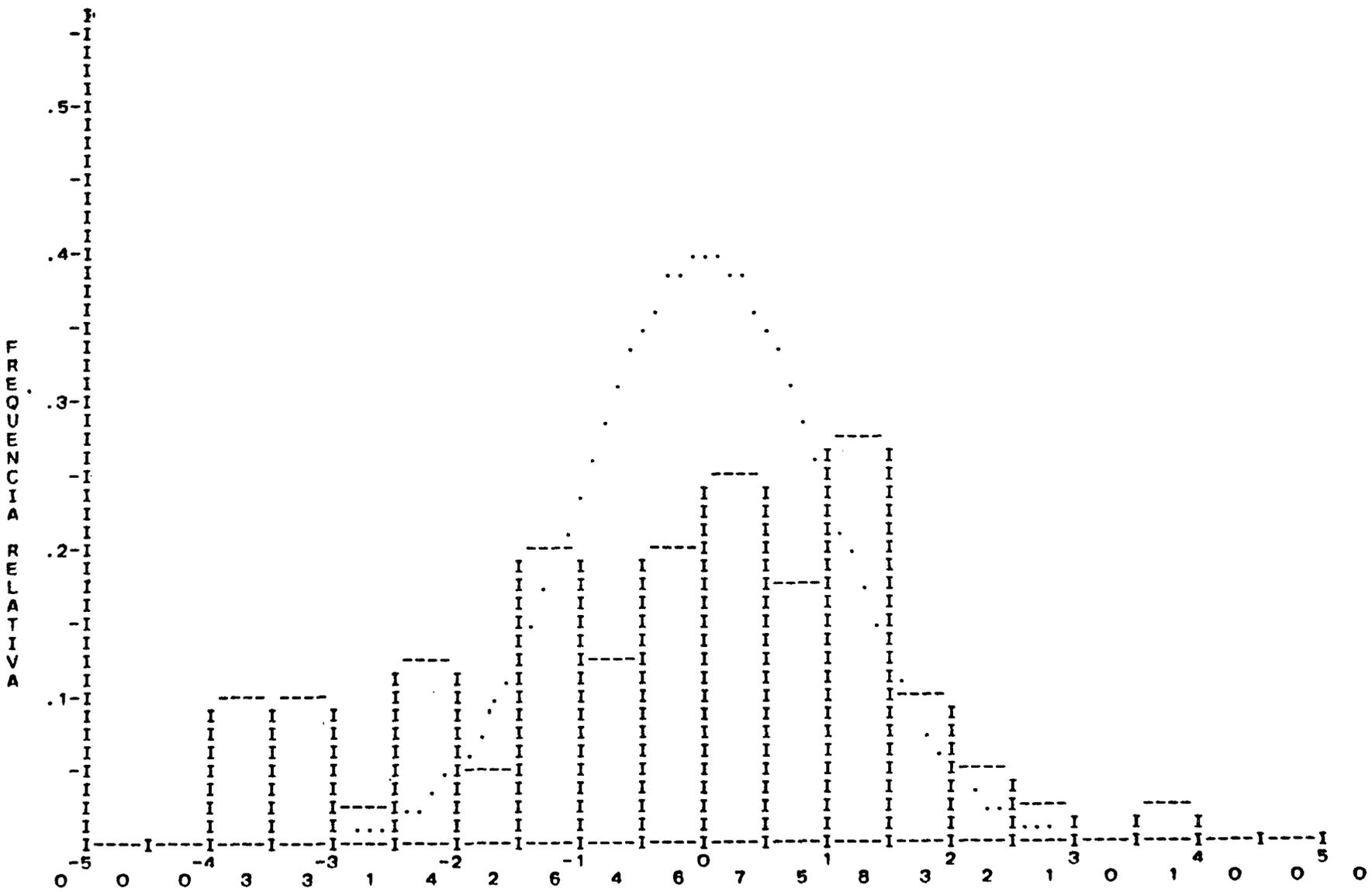
\*\*\*\*\*

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC / DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED / DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT / FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

\*\*\* HISTOGRAMA DE RESÍDUOS NORMALIZADOS \*\*\*





FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 1 \*\*\*

R.N.	DESV. PAD. DOS PARAM. AJUSTADOS (METROS)	ALTITUDES AJUSTADAS (METROS)
1900S	0.0665	546.2661
1777X	0.0384	22.4759
1719B	0.0751	270.9037
CH 2015S	0.0707	945.8851
2050Z	0.0524	43.2913
P 4P	0.0109	19.6584
1560B	0.0831	521.5046
1578A	0.0845	565.9913
1254Z	0.0926	321.9447
CH 43X	0.0992	610.6870
U 9018V	0.0981	488.3789
1206F	0.0993	468.2588
724C	0.1060	220.9998
735M	0.1110	349.2291
1362J	0.1128	957.8403
69M	0.1072	1188.5405
81J	0.1085	719.0531
176Z	0.1108	18.3243
156Y	0.1162	980.6244



	1094G	O. 1167	192.7530
	903V	O. 1142	762.9186
CH	900L	O. 1147	451.9196
	901T	O. 1153	690.5606
CH	276K	O. 1211	250.7149
CH	238F	O. 1219	196.0480
CH	335I	O. 1266	376.7065
CH	345H	O. 1300	427.9557
CH	379U	O. 1335	8.5044
	464L	O. 1353	75.0059
CH	805T	O. 1247	349.1129
	578J	O. 1251	130.1406
	554J	O. 1314	53.2674
	923C	O. 1265	106.1661
	929T	O. 1277	69.2263
CH	678H	O. 1186	291.6887
	1268Z	O. 1173	366.5518
	1215Z	O. 1244	292.4688



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* CHAMADAS DE SUBROTINAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

\* \* \* CORORT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPL \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* ALTJUS \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* ADIMAT \* \* \*  
\* \* \* SBATPA \* \* \*  
\* \* \* TESHIP \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* TRAMAT \* \* \*  
\* \* \* PROMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* INVMAD \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*  
\* \* \* SUBMAT \* \* \*  
\* \* \* ESCMAT \* \* \*

\* A D V E R T E N C I A \* : "XMVCR" MENOR OU IGUAL A ZERO NO PROGRAMA PRINCIPAL  
\* \* \* ESTATI \* \* \*



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

1- NUMERO DE OBSERVAÇÕES ( DESNIVEIS )	NEO =	56
2- NUMERO DE PARAMETROS INCOGNITOS ( ALTITUDES DESCONHECIDAS )	NPI =	37
3- NUMERO DE GRAUS DE LIBERDADE	NGL =	19
4- NUMERO DE REFERENCIAS DE NIVEL DA REDE ALTIMÉTRICA	NRN =	38
5- NUMERO DE PONTOS FIXOS DO AJUSTAMENTO ( INJUNÇÕES )	NPF =	1
6- INTERVALO DE CONFIANCA ( REGIÃO DE ACEITAÇÃO )	RACE =	0.950
7- NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( REGIÃO DE REJEIÇÃO )	RREJ =	0.050
8- SOMATORIO DOS QUADRADOS DOS RESIDUOS	VTPV =	0.00014477 METROS QUADRADOS
9- VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A PRIORI	SIGPRI =	1.00000000 METROS QUADRADOS
10- VARIANCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI	SIGPOS =	0.00000762 METROS QUADRADOS
11- DETERMINANTE DA MATRIZ "ATPA" DAS EQUAÇÕES NORMAIS	DET =	0.0
12- TESTE DE HIPOTHESES ESTATISTICAS PARA A VARIANCIA POPULACIONAL		HIPOTHESE BASICA REJEITADA
13- COEFICIENTE DE MOMENTO DE ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL	COFASS =	-0.39
COFASS < 0 : A DISTRIBUIÇÃO APRESENTA ASSIMETRIA NEGATIVA		
14- COEFICIENTE DE MOMENTO DE CURTOSE DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL	COFCUR =	2.56
COFCUR < 3 : A DISTRIBUIÇÃO É PLATICURTICA : CURVA DE FREQUENCIA MAIS ACHATADA QUE A CURVA NORMAL		



\*\*\*\*\*  
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE  
DIRETORIA DE GEOCIENCIAS - DGC  
DEPARTAMENTO DE GEODESIA - DEGED  
DIVISÃO DE PESQUISAS E ANALISES - DIPAN  
PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP  
\*\*\*\*\*

\*\*\* QUADRO RESUMO DO AJUSTAMENTO SIMULTANEO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

15- VALOR MAXIMO DAS DIFERENCAS ENTRE OS DESNIVEIS AJUSTADOS NAS ULTIMAS ITERAÇÕES .....	131.00	MILIMETROS
16- VALOR MAXIMO DAS DIFERENCAS ENTRE AS ALTITUDES AJUSTADAS NAS ULTIMAS ITERAÇÕES .....	446.64	MILIMETROS
17- VALOR MAXIMO DAS DIFERENCAS ENTRE OS RESIDUOS NAS ULTIMAS ITERAÇÕES .....	60.14	MILIMETROS
18- VALOR MAXIMO DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS .....	146.98	MILIMETROS
19- VALOR MINIMO DAS DIFERENCAS ENTRE OS DESNIVEIS AJUSTADOS NAS ULTIMAS ITERAÇÕES .....	-155.78	MILIMETROS
20- VALOR MINIMO DAS DIFERENCAS ENTRE AS ALTITUDES AJUSTADAS NAS ULTIMAS ITERAÇÕES .....	-4.85	MILIMETROS
21- VALOR MINIMO DAS DIFERENCAS ENTRE OS RESIDUOS NAS ULTIMAS ITERAÇÕES .....	-71.75	MILIMETROS
22- VALOR MINIMO DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS .....	-215.92	MILIMETROS



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO, GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS DESNIVEIS AJUSTADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

	RN1	RN2	VETOR DAS CONSTANTES (METROS)	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	PESOS DOS DESN. OBS.	DISTAN CIAS (KM)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	DESV. PAD. DOS DESN. AJ. (METROS)	RESIDUOS (MILIM.)	DESV. PAD. DOS RESIDUOS (METROS)
	1900S	1777X	0.0	-523.8713	0.0017	601.39	-523.8131	0.0534	58.20	0.0416
	1777X	1900S	0.0	523.9182	0.0005	2060.81	523.8131	0.0534	-105.10	0.1133
	1900S	1719B	0.0	-275.1765	0.0014	696.90	-275.2795	0.0613	-102.98	0.0394
	1719B	CH 2015S	0.0	674.9059	0.0017	587.80	674.9254	0.0513	19.53	0.0430
	CH 2015S	2050Z	0.0	-902.5988	0.0022	456.17	-902.6260	0.0509	-27.25	0.0297
	2050Z	P 4P	0.0	-23.5979	0.0031	324.48	-23.6459	0.0462	-47.95	0.0184
	P 4P	4X	8.6362	-11.0221	0.0790	12.66	-11.0221	0.0098	-0.00	0.0
	P 4P	1777X	0.0	2.8357	0.0065	154.76	2.8128	0.0332	-22.87	0.0088
	1719B	1560B	0.0	250.6849	0.0030	338.73	250.6236	0.0455	-61.31	0.0226
	1560B	1578A	0.0	44.5224	0.0016	616.57	44.4898	0.0522	-32.65	0.0445
	1578A	CH 2015S	0.0	379.8726	0.0015	650.79	379.8121	0.0548	-60.49	0.0442
	1578A	1254Z	0.0	-244.0072	0.0023	434.18	-243.9898	0.0506	17.36	0.0273
	1254Z	CH 43X	0.0	288.7439	0.0016	627.68	288.7053	0.0589	-38.58	0.0363
	CH 43X	U 9018V	0.0	-122.3150	0.0013	759.13	-122.3416	0.0602	-26.54	0.0464
	U 9018V	2050Z	0.0	-445.0618	0.0007	1431.11	-445.1878	0.0786	-126.00	0.0688
	1560B	1206F	0.0	-53.0005	0.0011	892.76	-53.1148	0.0645	-114.31	0.0513
	1206F	1254Z	0.0	-146.2745	0.0009	1091.13	-146.3853	0.0639	-110.71	0.0651
	1206F	724C	0.0	-247.1951	0.0032	308.29	-247.2033	0.0459	-8.19	0.0156



735M		1362J	0.0	608.6022	0.0012	823.89	608.6163	0.0597	14.10	0.0521
1362J		69M	0.0	230.5916	0.0013	758.38	230.5445	0.0590	-47.12	0.0480
69M	CH	43X	0.0	-577.8993	0.0016	630.30	-577.8826	0.0574	16.70	0.0388
69M		81J	0.0	-469.4917	0.0124	80.56	-469.4989	0.0241	-7.14	0.0057
81J		176Z	0.0	-700.6546	0.0007	1356.18	-700.7117	0.0649	-57.17	0.0782
176Z	U	9018V	0.0	470.0265	0.0013	754.17	469.9864	0.0634	-40.03	0.0416
81J		156Y	0.0	261.7240	0.0012	805.00	261.6866	0.0590	-37.41	0.0515
156Y		1094G	0.0	-787.8713	0.0017	577.50	-787.8695	0.0538	1.83	0.0388
1094G		176Z	0.0	-174.5202	0.0013	792.78	-174.5288	0.0632	-8.66	0.0453
1362J		903V	0.0	-194.8710	0.0021	469.78	-194.8338	0.0495	37.23	0.0336
903V	CH	900L	0.0	-311.0107	0.0108	92.26	-311.0057	0.0255	5.07	0.0072
CH 900L		901T	0.0	238.6343	0.0143	70.00	238.6381	0.0224	3.89	0.0056
901T		156Y	0.0	289.8933	0.0012	808.37	289.9334	0.0577	40.13	0.0532
901T	CH	276K	0.0	-439.8809	0.0018	551.77	-439.8777	0.0509	3.23	0.0401
CH 276K	CH	238F	0.0	-54.6707	0.0050	199.44	-54.6755	0.0359	-4.81	0.0152
CH 238F		1094G	0.0	-3.3728	0.0014	712.28	-3.3829	0.0599	-10.04	0.0429
CH 276K	CH	335I	0.0	126.0092	0.0017	575.30	126.0264	0.0521	17.24	0.0409
CH 335I	CH	345H	0.0	51.2565	0.0042	237.63	51.2591	0.0392	2.56	0.0167
CH 345H	CH	379U	0.0	-419.4236	0.0018	544.24	-419.4578	0.0504	-34.19	0.0400
CH 379U	CH	238F	0.0	187.4853	0.0009	1147.48	187.4968	0.0652	11.49	0.0670
CH 345H		464L	0.0	-352.9877	0.0015	684.01	-352.9374	0.0538	50.35	0.0481
464L	CH	379U	0.0	-66.5859	0.0011	898.99	-66.5204	0.0584	65.48	0.0586
CH 900L	CH	805T	0.0	-102.7722	0.0011	907.10	-102.7727	0.0572	-0.49	0.0603
CH 805T		578J	0.0	-218.9714	0.0144	69.55	-218.9754	0.0224	-3.98	0.0052
578J	CH	335I	0.0	246.5472	0.0016	637.41	246.5350	0.0542	-12.23	0.0438
578J		554J	0.0	-76.8507	0.0018	557.00	-76.8719	0.0529	-21.20	0.0381
554J		464L	0.0	21.7294	0.0009	1077.71	21.7286	0.0681	-0.83	0.0598
CH 805T		923C	0.0	-242.9982	0.0011	895.78	-242.9474	0.0590	50.78	0.0578
923C		929T	0.0	-36.9475	0.0059	168.30	-36.9395	0.0339	8.04	0.0116
929T		554J	0.0	-16.0051	0.0008	1196.30	-15.9605	0.0665	44.60	0.0685



903V	CH	678H	0.0	-471.2504	0.0019	529.96	-471.2375	0.0512	12.87	0.0376
CH	678H	923C	0.0	-185.4798	0.0011	947.06	-185.4882	0.0614	-8.46	0.0588
735M		1268Z	0.0	17.3884	0.0019	539.91	17.3947	0.0534	6.38	0.0355
.1268Z	CH	678H	0.0	-74.8366	0.0025	396.84	-74.8498	0.0477	-13.18	0.0274
724C		1215Z	0.0	71.7554	0.0003	3279.51	71.5734	0.0768	-182.01	0.1382
1215Z		1268Z	0.0	74.0855	0.0024	422.12	74.0665	0.0506	-19.00	0.0257
1215Z		929T	0.0	-223.1944	0.0006	1574.62	-223.2109	0.0735	-16.50	0.0812



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RN1	RN2	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	RESÍDUOS (MILIM.)	RESÍDUOS NORMALIZADOS (MILIM.)	DIFERENÇA DE RESÍDUOS (MILIM.)	DIFERENÇA DE DESN. AJUST. (MILIM.)
1900S	1777X	-523.8713	-523.8131	58.2001	2.3733	10.88	-22.95
1777X	1900S	523.9182	523.8131	-105.1001	-2.3152	-10.88	22.95
1900S	1719B	-275.1765	-275.2795	-102.9847	-3.9011	-16.29	82.93
1719B	CH 2015S	674.9059	674.9254	19.5288	0.8055	-14.24	-55.93
CH 2015S	2050Z	-902.5988	-902.6260	-27.2469	-1.2757	0.89	-32.19
2050Z	P 4P	-23.5979	-23.6459	-47.9502	-2.6619	-7.58	-13.00
P 4P	4X	-11.0221	-11.0221	-0.0000	-0.0000	0.00	0.09
P 4P	1777X	2.8357	2.8128	-22.8697	-1.8384	-3.62	-4.76
1719B	1560B	250.6849	250.6236	-61.3098	-3.3312	0.29	22.66
1560B	1578A	44.5224	44.4898	-32.6546	-1.3151	0.05	3.08
1578A	CH 2015S	379.8726	379.8121	-60.4931	-2.3713	17.03	-81.66
1578A	1254Z	-244.0072	-243.9898	17.3636	0.8333	-11.33	56.79
1254Z	CH 43X	288.7439	288.7053	-38.5821	-1.5400	-33.62	-36.95
CH 43X	U 9018V	-122.3150	-122.3416	-26.5447	-0.9634	23.28	-33.55
U 9018V	2050Z	-445.0618	-445.1878	-126.0031	-3.3308	-36.24	-100.15
1560B	1206F	-53.0005	-53.1148	-114.3066	-3.8256	0.68	131.00
1206F	1254Z	-146.2745	-146.3853	-110.7054	-3.3514	-29.98	-71.13
1206F	724C	-247.1951	-247.2033	-8.1937	-0.4667	8.71	55.69
724C	735M	128.2330	128.2452	12.2232	0.5946	7.06	15.95



735M		1362J	608.6022	608.6163	14.0991	0.4912	-3.80	5.08
1362J		69M	230.5916	230.5445	-47.1165	-1.7109	60.14	-155.78
69M	CH	43X	-577.8993	-577.8826	16.7033	0.6653	53.09	-29.02
69M		81J	-469.4917	-469.4989	-7.1399	-0.7955	-0.40	-11.44
81J		176Z	-700.6546	-700.7117	-57.1673	-1.5524	46.80	17.04
176Z	U	9018V	470.0265	469.9864	-40.0301	-1.4576	-42.23	-68.17
81J		156Y	261.7240	261.6866	-37.4120	-1.3186	-31.75	115.23
156Y		1094G	-787.8713	-787.8695	1.8331	0.0763	-6.78	1.92
1094G		176Z	-174.5202	-174.5288	-8.6608	-0.3076	-71.75	-100.11
1362J		903V	-194.8710	-194.8338	37.2257	1.7175	-39.43	87.99
903V	CH	900L	-311.0107	-311.0057	5.0707	0.5279	-5.15	-6.68
CH 900L		901T	238.6343	238.6381	3.8854	0.4644	-1.43	-2.88
901T		156Y	289.8933	289.9334	40.1346	1.4116	22.39	-130.42
901T	CH	276K	-439.8809	-439.8777	3.2316	0.1376	-26.58	-32.03
CH 276K	CH	238F	-54.6707	-54.6755	-4.8089	-0.3405	-9.99	-8.55
CH 238F		1094G	-3.3728	-3.3829	-10.0423	-0.3763	-56.10	-87.93
CH 276K	CH	335I	126.0092	126.0264	17.2409	0.7188	1.10	34.87
CH 335I	CH	345H	51.2565	51.2591	2.5632	0.1663	-4.79	9.84
CH 345H	CH	379U	-419.4236	-419.4578	-34.1885	-1.4655	-6.08	-6.46
CH 379U	CH	238F	187.4853	187.4968	11.4897	0.3392	-32.90	-46.80
CH 345H		464L	-352.9877	-352.9374	50.3467	1.9250	-6.14	12.43
464L	CH	379U	-66.5859	-66.5204	65.4751	2.1837	-15.73	-18.89
CH 900L	CH	805T	-102.7722	-102.7727	-0.4942	-0.0164	-32.02	33.93
CH 805T		578J	-218.9714	-218.9754	-3.9808	-0.4773	-2.00	-3.10
578J	CH	335I	246.5472	246.5350	-12.2269	-0.4843	-14.06	-30.87
578J		554J	-76.8507	-76.8719	-21.1960	-0.8981	-3.71	1.26
554J		464L	21.7294	21.7286	-0.8335	-0.0254	-9.19	-9.85
CH 805T		923C	-242.9982	-242.9474	50.7828	1.6967	-5.90	-0.55
923C		929T	-36.9475	-36.9395	8.0377	0.6196	-1.08	0.33
929T		554J	-16.0051	-15.9605	44.5986	1.2894	-2.23	-1.62

02

678H	923C	-185.4798	-185.4882	-8.4601	-0.2749	0.19	34.43
735M	1268Z	17.3884	17.3947	6.3757	0.2744	11.52	72.08
1268Z	CH 678H	-74.8366	-74.8498	-13.1802	-0.6616	11.24	13.27
724C	1215Z	71.7554	71.5734	-182.0112	-3.1783	37.81	104.45
1215Z	1268Z	74.0855	74.0665	-19.0046	-0.9250	2.96	-16.43
1215Z	929T	-223.1944	-223.2109	-16.4984	-0.4158	7.12	31.59



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DOS ERROS PADRÃO PARA AS LINHAS APOS O AJUSTAMENTO \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RN1	RN2	DESNIVEIS OBSERVADOS (METROS)	DESNIVEIS AJUSTADOS (METROS)	RESIDUOS (MILIM.)	ERROS PADRÃO (MMRKM)	*** MENSAGENS DE ADVERTENCIA ***
1900S	1777X	-523.8713	-523.8131	58.20	2.18	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1777X	1900S	523.9182	523.8131	-105.10	1.18	
1900S	1719B	-275.1765	-275.2795	-102.98	2.32	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1719B	CH 2015S	674.9059	674.9254	19.53	2.12	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH 2015S	2050Z	-902.5988	-902.6260	-27.25	2.38	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
2050Z	P 4P	-23.5979	-23.6459	-47.95	2.57	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
P 4P	4X	-11.0221	-11.0221	-0.00	2.76	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
P 4P	1777X	2.8357	2.8128	-22.87	2.67	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1719B	1560B	250.6849	250.6236	-61.31	2.47	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1560B	1578A	44.5224	44.4898	-32.65	2.10	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1578A	CH 2015S	379.8726	379.8121	-60.49	2.15	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1578A	1254Z	-244.0072	-243.9898	17.36	2.43	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1254Z	CH 43X	288.7439	288.7053	-38.58	2.35	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH 43X	U 9018V	-122.3150	-122.3416	-26.54	2.19	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
U 9018V	2050Z	-445.0618	-445.1878	-126.00	2.08	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1560B	1206F	-53.0005	-53.1148	-114.31	2.16	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1206F	1254Z	-146.2745	-146.3853	-110.71	1.93	
1206F	724C	-247.1951	-247.2033	-8.19	2.61	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
724C	724C	128.2452	128.2452	12.22	2.47	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***



735M		1362J	608.6022	608.6163	14.10	2.08	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
1362J		69M	230.5916	230.5445	-47.12	2.14	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
69M	CH	43X	-577.8993	-577.8826	16.70	2.29	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
69M		81J	-469.4917	-469.4989	-7.14	2.69	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
81J		176Z	-700.6546	-700.7117	-57.17	1.76			
176Z	U	9018V	470.0265	469.9864	-40.03	2.31	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
81J		156Y	261.7240	261.6866	-37.41	2.08	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
156Y		1094G	-787.8713	-787.8695	1.83	2.24	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
1094G		176Z	-174.5202	-174.5288	-8.66	2.24	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
1362J		903V	-194.8710	-194.8338	37.23	2.28	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
903V	CH	900L	-311.0107	-311.0057	5.07	2.66	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***		
CH		900L		901T	238.6343	238.6381	3.89	2.68	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
		901T	156Y	289.8933	289.9334	40.13	2.03	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***	
		901T	CH	276K	-439.8809	-439.8777	3.23	2.17	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		276K	CH	238F	-54.6707	-54.6755	-4.81	2.54	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		238F		1094G	-3.3728	-3.3829	-10.04	2.24	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		276K	CH	335I	126.0092	126.0264	17.24	2.17	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		335I	CH	345H	51.2565	51.2591	2.56	2.54	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		345H	CH	379U	-419.4236	-419.4578	-34.19	2.16	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		379U	CH	238F	187.4853	187.4968	11.49	1.93	
CH		345H		464L	-352.9877	-352.9374	50.35	2.06	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
		464L	CH	379U	-66.5859	-66.5204	65.48	1.95	
CH		900L	CH	805T	-102.7722	-102.7727	-0.49	1.90	
CH		805T		578J	-218.9714	-218.9754	-3.98	2.69	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
		578J	CH	335I	248.5472	248.5350	-12.23	2.15	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
		578J		554J	-78.8507	-78.8719	-21.20	2.24	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
		554J		464L	21.7294	21.7286	-0.83	2.07	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
CH		805T		923C	-242.9982	-242.9474	50.78	1.97	
		923C		929T	-36.9475	-36.9395	8.04	2.61	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
		929T		554J	-16.0051	-15.9605	44.60	1.92	
		903V	CH	678H	-471.2504	-471.2375	12.87	2.22	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***



CH 678H	923C	-185.4798	-185.4882	-8.46	1.99	
735M	1268Z	17.3884	17.3947	6.38	2.30	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1268Z	CH 678H	-74.8366	-74.8498	-13.18	2.39	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
724C	1215Z	71.7554	71.5734	-182.01	1.34	
1215Z	1268Z	74.0855	74.0665	-19.00	2.46	*** ATENÇÃO : MAIOR QUE A TOLERANCIA ***
1215Z	929T	-223.1944,	-223.2109	-16.50	1.85	

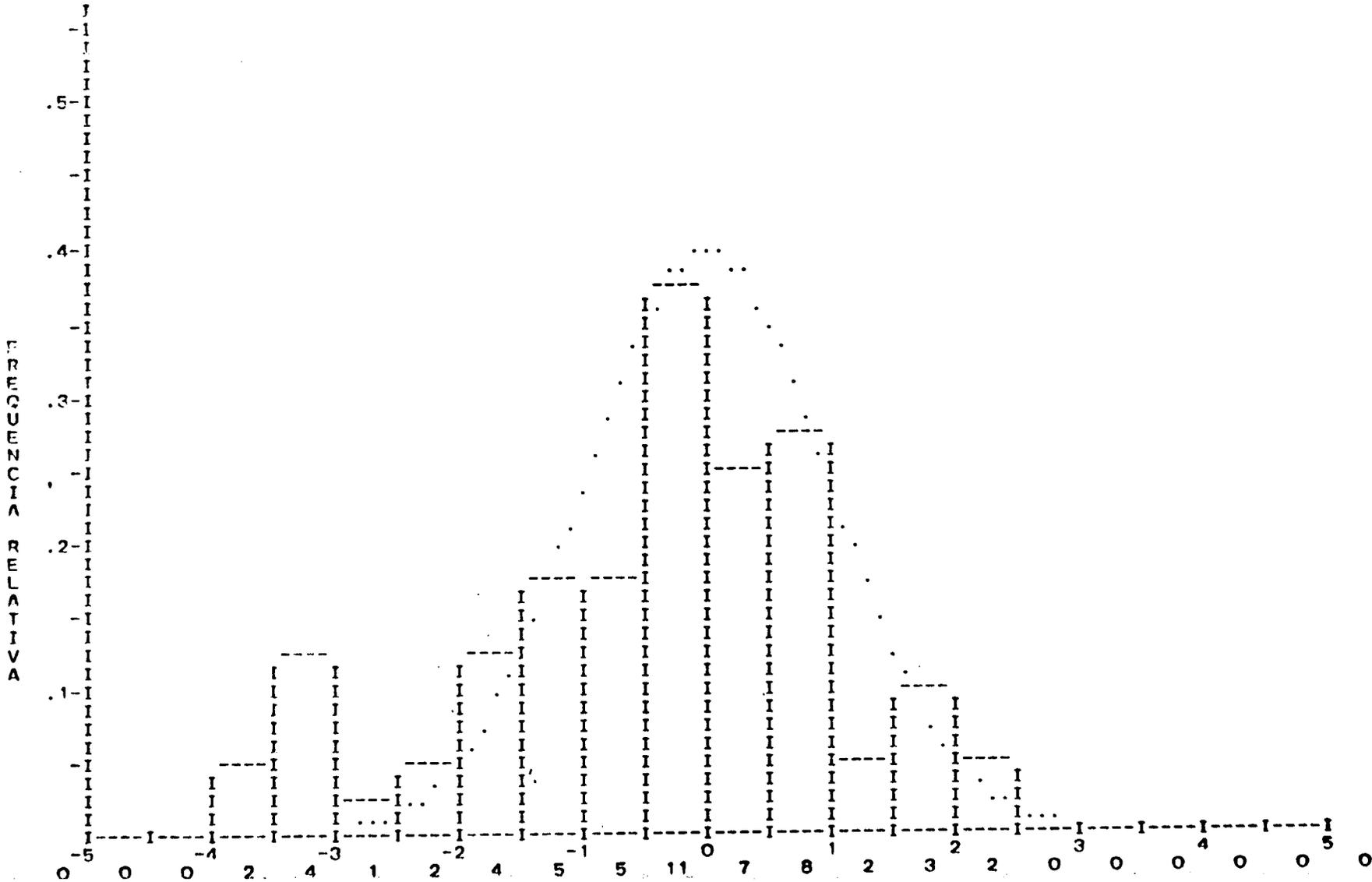
OBS. : HOUE 45 DE 56 OBSERVAÇÕES COM ERROS PADRÃO MAIOR QUE A TOLERANCIA : 80.4 %



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
DIRETORIA DE CIÊNCIAS - DGC / DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED / DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
PROJETO : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT / FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

\*\*\* HISTOGRAMA DE RESÍDUOS NORMALIZADOS \*\*\*





FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DAS LATITUDES DAS REFERÊNCIAS DE NÍVEL E DAS CORREÇÕES ORTOMÉTRICAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

RNA	LATITUDE (GG.MM)	ALTITUDE AJUSTADA (METROS)	RNB	LATITUDE (GG.MM)	ALTITUDE AJUSTADA (METROS)	ALTITUDE MÉDIA (METROS)	DIFERENÇA DE LATIT. (GG.MM)	CORREÇÃO ORTOMÉTRICA (MILIM.)
1900S	-27.28	546.2661	1777X	-29.01	22.4759	284.3710	-1.33	-33.83
1777X	-29.01	22.4759	1900S	-27.28	546.2661	284.3710	1.33	33.83
1900S	-27.28	546.2661	1719B	-24.06	270.9037	408.5849	3.22	99.22
1719B	-24.06	270.9037	CH 2015S	-25.05	945.8851	608.3944	-0.59	-41.69
CH 2015S	-25.05	945.8851	2050Z	-26.01	43.2913	494.5882	-0.56	-33.08
2050Z	-26.01	43.2913	P 4P	-28.19	19.6584	31.4748	-2.18	-5.42
P 4P	-28.19	19.6584	4X	-28.14	8.6362	14.1473	0.05	0.09
P 4P	-28.19	19.6584	1777X	-29.01	22.4759	21.0672	-0.42	-1.14
1719B	-24.06	270.9037	1560B	-23.16	521.5046	396.2042	0.50	22.37
1560B	-23.16	521.5046	1578A	-23.11	565.9913	543.7480	0.05	3.02
1578A	-23.11	565.9913	CH 2015S	-25.05	945.8851	755.9382	-1.54	-98.70
1578A	-23.11	565.9913	1254Z	-20.47	321.9447	443.9680	2.24	68.12
1254Z	-20.47	321.9447	CH 43X	-20.54	610.6870	466.3158	-0.07	-3.33
CH 43X	-20.54	610.6870	U 9018V	-22.32	488.3789	549.5329	-1.38	-56.83
U 9018V	-22.32	488.3789	2050Z	-26.01	43.2913	265.8351	-3.29	-63.91
1560B	-23.16	521.5046	1206F	-19.01	468.2588	494.8817	4.15	130.31
1206F	-19.01	468.2588	1254Z	-20.47	321.9447	395.1018	-1.46	-41.15
1206F	-19.01	468.2588	724C	-16.28	220.9998	344.6293	2.33	46.98
724C	-16.28	220.9998	735M	-15.50	349.2291	285.1145	0.38	8.89



735M	-15.50	349.2291	1362J	-15.33	957.8403	653.5347	0.17	8.88
1362J	-15.33	957.8403	69M	-19.22	1188.5405	1073.1904	-3.49	-215.92
69M	-19.22	1188.5405	CH 43X	-20.54	610.6870	899.6138	-1.32	-82.11
69M	-19.22	1188.5405	81J	-19.34	719.0531	953.7968	-0.12	-11.04
81J	-19.34	719.0531	176Z	-20.55	18.3243	368.6887	-1.21	-29.76
176Z	-20.55	18.3243	U 9018V	-22.32	488.3789	253.3516	-1.37	-25.94
81J	-19.34	719.0531	156Y	-16.22	980.6244	849.8388	3.12	146.98
156Y	-16.22	980.6244	1094G	-16.04	192.7530	586.6887	0.18	8.69
1094G	-16.04	192.7530	176Z	-20.55	18.3243	105.5387	-4.51	-28.36
1362J	-15.33	957.8403	903V	-12.05	762.9186	860.3794	3.28	127.42
903V	-12.05	762.9186	CH 900L	-12.09	451.9196	607.4191	-0.04	-1.53
CH 900L	-12.09	451.9196	901T	-12.13	690.5606	571.2401	-0.04	-1.45
901T	-12.13	690.5606	156Y	-16.22	980.6244	835.5925	-4.09	-152.81
901T	-12.13	690.5606	CH 276K	-12.31	250.7149	470.6378	-0.18	-5.44
CH 276K	-12.31	250.7149	CH 238F	-12.21	196.0480	223.3814	0.10	1.44
CH 238F	-12.21	196.0480	1094G	-16.05	192.7530	194.4005	-3.44	-31.83
CH 276K	-12.31	250.7149	CH 335I	-9.23	376.7065	313.7107	3.08	33.77
CH 335I	-9.23	376.7065	CH 345H	-8.04	427.9557	402.3311	1.19	14.63
CH 345H	-8.04	427.9557	CH 379U	-8.08	8.5044	218.2301	-0.04	-0.37
CH 379U	-8.08	8.5044	CH 238F	-12.21	196.0480	102.2762	-4.13	-13.90
CH 345H	-8.04	427.9557	464L	-4.20	75.0059	251.4808	3.44	18.57
464L	-4.20	75.0059	CH 379U	-8.08	8.5044	41.7551	-3.48	-3.16
CH 900L	-12.09	451.9196	CH 805T	-6.35	349.1129	400.5162	5.34	65.96
CH 805T	-6.35	349.1129	578J	-6.48	130.1406	239.6268	-0.13	-1.11
578J	-6.48	130.1406	CH 335I	-9.23	376.7065	253.4235	-2.35	-16.81
578J	-6.48	130.1406	554J	-3.31	53.2674	91.7040	3.17	4.97
554J	-3.31	53.2674	464L	-4.20	75.0059	64.1367	-0.49	-0.66
CH 805T	-6.35	349.1129	923C	-5.21	106.1661	227.6395	1.14	5.35
923C	-5.21	106.1661	929T	-4.19	69.2263	87.6962	1.02	1.40
929T	-4.19	69.2263	554J	-3.31	53.2674	61.2469	0.48	0.62
903V	-12.05	762.9186	CH 678H	-11.43	291.6887	527.3036	0.22	7.19



CH 678H	-11.43	291.6887	923C	-5.21	106.1661	198.9274	6.22	34.24
735M	-15.50	349.2291	1268Z	-11.53	366.5518	357.8904	3.57	60.56
1268Z	-11.53	366.5518	CH 678H	-11.43	291.6887	329.1202	0.10	2.02
724C	-16.28	220.9998	1215Z	-10.11	292.4688	256.7343	6.17	66.64
1215Z	-10.11	292.4688	1268Z	-11.53	366.5518	329.5103	-1.42	-19.38
1215Z	-10.11	292.4688	929T	-4.19	69.2263	180.8476	5.52	24.47



FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE  
 DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS - DGC  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - DEGED  
 DIVISÃO DE PESQUISAS E ANÁLISES - DIPAN  
 PROJETO : REAJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO - REALT  
 FASE 1 : AJUSTAMENTO ALTIMÉTRICO GLOBAL PRELIMINAR - AAGP

\*\*\* TABELA DAS ALTITUDES AJUSTADAS \*\*\*

\*\*\* ITERAÇÃO 2 \*\*\*

R.N.	DESV. PAD. DOS PARAM. AJUSTADOS (METROS)	ALTITUDES AJUSTADAS (METROS)	DIFERENÇA DE ALTITUDES AJUSTADAS (MILIM.)
1900S	0.0599	546.2842	18.10
1777X	0.0346	22.4711	-4.85
1719B	0.0677	271.0048	101.03
CH 2015S	0.0637	945.9302	45.10
2050Z	0.0472	43.3042	12.91
P 4P	0.0098	19.6583	-0.09
1560B	0.0749	521.6283	123.69
1578A	0.0762	566.1181	126.76
1254Z	0.0835	322.1283	183.56
CH 43X	0.0894	610.8336	146.60
U 9018V	0.0884	488.4920	113.06
1206F	0.0895	468.5135	254.68
724C	0.0955	221.3102	310.37
735M	0.1000	349.5554	326.32
1362J	0.1017	958.1717	331.40
69M	0.0967	1188.7162	175.62
81J	0.0978	719.2173	164.18
176Z	0.0999	18.5056	181.22
156Y	0.1047	980.8039	279.41



	1094G	O. 1052	193.0344	281.33
	903V	O. 1030	763.3379	419.39
CH	900L	O. 1034	452.3323	412.71
	901T	O. 1039	690.9704	409.83
CH	276K	O. 1092	251.0927	377.80
CH	238F	O. 1099	196.4172	369.26
CH	335I	O. 1142	377.1191	412.67
CH	345H	O. 1172	428.3782	422.52
CH	379U	O. 1204	8.9205	416.06
	464L	O. 1220	75.4408	434.95
CH	805T	O. 1124	349.5595	446.64
	578J	O. 1128	130.5842	443.54
	554J	O. 1185	53.7122	444.80
	923C	O. 1141	106.6122	446.09
	929T	O. 1152	69.6727	446.42
CH	678H	O. 1070	292.1004	411.66
	1268Z	O. 1057	366.9502	398.40
	1215Z	O. 1122	292.8836	414.82



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AIVAZIAN, S. Étude statistique des dépendances 1. ed. Moscou, U.R.S.S. Editora Mir, 1970. 236 p.
- 2 BALAZS, E. I. & YOUNG, G. M. Corrections applied by the National Geodetic Survey to precise levelling observations, nº 34 : 1-12, 1982.
- 3 CASTRO, F. A compensação das redes de nivelamento geométrico por analogia com as redes elétricas 1. ed. Rio de Janeiro, s. ed. s.d. 205p.
- 4 D'ALGE, J.C.L. Estabelecimento de um sistema de altitudes a partir do nivelamento geométrico Curitiba, 1986. 112 p. Dissertação, Mestrado, UFPR.
- 5 DEPARTMENT OF ARMY, U.S.A. Surveying Computer's manual In:\_\_\_\_\_. Differential levelling Technical Manual TM5-237, Department of Army, Washington, U.S.A., 1964 p. 270-286.
- 6 EHRNSPERGER, W.; KOK, J.J.& MIERLO, J. V. Status and provisional results of the 1981 adjustment of the United European Levelling Network - U.E.L.N.-73 nº 2 : 25-50, 1982.
- 7 FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

**Boletim de serviço (Suplemento) nº 1602 de 1 de agosto  
de 1983.**

**B FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA  
Trabalhos Técnicos da Diretoria de Geodésia e Cartografia  
- 1986**

**9 GEMAEL, C. Aplicações do Cálculo Matricial em Geodésia 2ª  
parte: Ajustamento de observações 1.ed. Curitiba. Curso de  
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, U.F.P.R. 1974. p. irr.**

**10 GEMAEL, C. Introdução ao ajustamento de observações : apli  
cações geodésicas 1.ed. Curitiba. Curso de Pós-Graduação  
em Ciências Geodésicas U.F.P.R., 1984. p. irr.**

**11 GEMAEL, C. Marés Terrestres: aplicações geodésicas 1ª ed.  
Curitiba. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
da U.F.P.R., 1986. p. irr**

**12 GUTERRES, I.G. Astronomia de Posição 1ª ed. Ministério do  
Exército, Instituto Militar de Engenharia 1981. 195 p.**

**13 HAMILTON, W.C. Statistics in physical science: estimation,  
hypothesis testing, and least squares The Ronald  
Press Company - New York, 1964. 230 p.**

**14 HITONEN, E. Measuring of the refraction in the second**

levelling of Finland Publicação final do Instituto Geodésico, nº 63, Helsinki, 18 p.

15 HIRVONEN R.A. Adjustment by least squares in Geodesy and Photogrammetry 1. ed. New York, U.S.A. Finland Frederick Ungar Publishing CO., 1971. p. irr.

16 KRAKIWSKY, E. J. Heights Ohio, U.S.A., 1965. 157 p. Tese, Mestrado de Ciências, Ohio State University.

17 KOK, J.J.; EHRNSPERGER, W.; RIETVELD, H. The 1979 adjustment of the United European Levelling Network (U.E.L.N.) and its analysis of precision and reliability.

18 MARQUES, J. M. Análise estatística das discrepâncias parciais de uma rede de nivelamento de 1ª ordem Curitiba, 1982. 153p. Dissertação, Mestrado, UFPR.

19 MIKHAIL, E.M. & ACKERMANN, F. Observations and least squares. In: \_\_\_\_\_. Adjustment with conditions only - special cases 2 ed. s.l. p. 159-173.

20 MIKHAIL, E.M. & GRACIE G. Analysis and adjustment of survey measurements In: \_\_\_\_\_. The concept of Weight 2 ed. s. 1. Van Nostrand Reinhold Company, 1985. p. 67-101.

21 MODRO, N. Métodos para inversão de matrizes: aplicações

- às Ciências Geodésicas Curitiba, 1981. p. irr. Dissertação, Mestrado, UFPR.
- 22 NASSAR, M.M. Gravity field and levelled heights in Canada  
Technical report nº 41. University of New Brunswick,  
Fredericton, N. B., Canada, 1977. 318 p.
- 23 RAINSFORD H. F. Survey adjustments and least squares  
In:..... Level and traverse networks, trigonometric  
heights 2 ed. s. 1. Constable & Company LTD, 1975.  
p. 214-221.
- 24 RAPPLEYE, H.S. Manual of levelling, computation and adjust-  
ment 1. ed. United States Government Printing  
Office Washington, 1948. 178 p.
- 25 RIBEIRO, GILBERTO PESSANHA Ajustamento altimétrico simul-  
tâneo e em fases através dos métodos das equações de  
observação e das equações de condição Curitiba, 1988. 65  
p. Seminário, UFPR.
- 26 RIBEIRO, GILBERTO PESSANHA Ajustamento altimétrico através  
do método das equações de observação com análise estatís-  
tica dos resultados Trabalho apresentado no XIV Congres-  
so Brasileiro de Cartografia. Gramado (R.S.). 26 de maio  
de 1989.

- 27 RIBEIRO, GILBERTO PESSANHA; LUZ, ROBERTO TEIXEIRA & LOBIANCO, MARIA CRISTINA BARBOZA **Crítica e análise de dados iniciais relativos à preparação para o ajustamento de redes de nivelamento de alta precisão** Trabalho apresentado no XIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Gramado (R.S.). 26 de maio de 1989.
- 28 ROELSE, A.; GRANGER, H.W. & GRAHAM, J.W. **The adjustment of the Australian Levelling Survey 1970 - 1971** Technical report nº 12 Canberra, Australia, 1975. p. irr.
- 29 SCHOMAKER, M.C. & BERRY, R.M. **Geodetic levelling** Rockville, Md. Department of Commerce, U.S.A., 1981 pag. irr.
- 30 THORSEN, L. **Adjustment of large networks** Rio de Janeiro, 1988. Entrevista concedida a G.P.Ribeiro em 8 de jun.de 1988.
- 31 VANÍCEK, P. **Geodesy: The concepts** 2 ed. New Brunswick, Canada North-Holland., 1986. p.
- 32 VANÍCEK, P. **Gravity and levelling networks** Rio de Janeiro, 1988. Entrevista concedida a G. P. Ribeiro em 7 de novembro de 1988.
- 33 VANÍCEK, P. & GRAFAREND, E. W. **On the Weight estimation**

in leveling nº 17: 1-34, 1980

34 WONNACOTT, T. H. & WONNACOTT, R. J. Introdução à estatística. In:..... Estatística descritiva para amostras e testes Qui-quadrado Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.,1980. p. 11-23, p.453-471.