

**DALTO DOMINGOS RODRIGUES**

**REDE GEODÉSICA DE PRECISÃO NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES  
ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO E  
AJUSTAMENTO**

Tese apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
título de Doutor em Engenharia.

São Paulo  
2002

**DALTO DOMINGOS RODRIGUES**

**REDE GEODÉSICA DE PRECISÃO NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES  
ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO E  
AJUSTAMENTO**

Tese apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
título de Doutor em Engenharia.

Área de concentração:  
Informações Espaciais

Orientador:  
Prof. Associado  
Jorge Pimentel Cintra

São Paulo  
2002

Rodrigues, Dalto Domingos

Rede geodésica de precisão no estado de Minas Gerais: avaliação de diferentes estratégias de processamento e ajustamento. São Paulo, 2002.

223p.

Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
Departamento de Transportes.

1- Rede geodésica 2- NAVSTAR-GPS 3- Minas Gerais

Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes.

## DEDICATÓRIA

CIÊNCIA:

“EU SUSTENTO QUE A ÚNICA FINALIDADE DA CIÊNCIA ESTÁ EM ALIVIAR A CANSEIRA DA EXISTÊNCIA HUMANA. E SE OS CIENTISTAS, INTIMADOS PELA PREPOTÊNCIA DOS PODEROSOS, ACHAM QUE BASTA AMONTOAR SABER, POR AMOR AO SABER, A CIÊNCIA PODE SE TRANSFORMAR EM ALEIJÃO, E SUAS NOVAS MÁQUINAS SERÃO NOVAS AFLIÇÕES, NADA MAIS.”

(Galileu Galilei, 1633)

PAZ:

PAZ NÃO É AUSÊNCIA DE GERRA, É PRESENÇA DE RESPEITO AO DIREITO QUE TODOS TÊM A UMA VIDA DIGNA, A UMA VIDA PLENA.

Dedico este trabalho a todos aqueles que labutam pela paz e àqueles que fazem ciência, movidos não pela vaidade ou pelo mercantilismo, mas pelo desejo de aliviar e prevenir sofrimentos humanos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

Ao Professor Dr. Jorge Pimentel Cintra, pela orientação, incentivo, apoio e amizade.

À Irmã Valéria, a “professorinha” que me ensinou o beabá.

Ao povo brasileiro, que sustenta os meus estudos desde que um anjo torto, desses que vivem na sombra, encaminhou-me para a escola.

## RESUMO

Este trabalho visou a implementação, no Estado de Minas Gerais, de uma rede geodésica GPS. Após a construção dos marcos, os dados foram coletados, em diversas sessões, empregando receptores de dupla frequência operados por equipes de profissionais do Departamento de Geodésia do IBGE. A seguir, estes dados foram processados utilizando o programa científico OMNI e ajustados em rede com o programa ADJUST. Descreve-se a organização e a escolha dos dados para processamento testando-se diversas alternativas: a consideração ou não das covariâncias entre diferentes vetores observados, a influência da transformação dos vetores do ITRF97 para o WGS84 e a eliminação de *outliers* nas coordenadas calculadas, além de avaliar a qualidade das coordenadas de estações já conhecidas e que serviram de controle. Foram calculadas as coordenadas finais de cada estação da Rede Geodésica por GPS do Estado de Minas Gerais, salientando que cabe ao IBGE a escolha do método que considere mais adequado e a publicação oficial dessas coordenadas. Espera-se ter contribuído para isso.

## ABSTRACT

This work aims the implementation, in the State of Minas Gerais, of a GPS network. After the construction of the benchmarks, professionals of the Department of Geodesy of IBGE, in different sections to collect data, occupy them. Then, these data were processed by the scientific program OMNI and adjusted by the program ADJUST. The organization and the selection of data to process, testing different strategies, were described: the consideration or not of the co-variances between different observed vectors, the influence of the transformation of the vectors from ITRF97 to the WGS84 and the elimination of outliers, in the calculated coordinates; besides of the evaluation of the quality of the coordinates of know stations that were used as control. The final coordinates of each station of the Geodesic Network of the State of Minas Gerais were calculated, emphasizing that is a responsibility of the IBGE the choice of the method that it consider most adequate and the publication of the official values of these coordinates. We hope to have been contributed to this.

## SUMÁRIO

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE TABELAS

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	1
1.1	Estado da arte .....	1
1.2	Objetivos .....	7
1.3	Justificativa .....	8
1.4	Sumário da tese.....	9
2	SISTEMAS DE REFERÊNCIA EMPREGADOS NA IMPLANTAÇÃO DE REDES GEODÉSICAS NO BRASIL .....	12
2.1	Sistema de Referência Terrestre Internacional – “ITRS”.....	13
2.2	“World Geodetic System 1984 – WGS84” .....	17
2.3	Datum Sul Americano de 1969 – SAD69 .....	17
2.3.1	Conversão de coordenadas no SAD69 para o WGS84 .....	19
2.3.2	Propagação das variâncias na conversão .....	19
2.4	Sistemas Topocêntricos .....	20
2.4.1	Conversão de coordenadas geocêntricas em topocêntricas .....	21
2.4.2	Propagação das variâncias em coordenadas geocêntricas para coordenadas topocêntricas e vice-versa .....	22
2.5	Conversão de coordenadas geodésicas em cartesianas .....	22
2.5.1	Propagação das variâncias em coordenadas cartesianas para as geodésicas e vice-versa .....	23
3	FASE DA PORTADORA E SUAS COMBINAÇÕES LINEARES.....	27
3.1	Fase da portadora .....	28
3.2	Fontes de erros nas observações GPS .....	29
3.3	Combinações lineares de fases observadas em uma mesma estação .....	30
3.4	Combinações lineares de fases observadas em diferentes estações .....	31
3.4.1	Simple diferença de fases .....	31

3.4.2	Dupla diferença de fases .....	32
3.4.3	Tripla diferença de fases .....	33
3.5	Corrigindo perdas de ciclos .....	34
3.5.1	Correção preliminar das perdas de ciclos .....	34
3.5.2	Correção de pequenas perdas de ciclos .....	36
4	CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DAS OBSERVAÇÕES INDEPENDENTES .....	37
4.1	Posicionamento relativo estático .....	37
4.2	Organização das observações e formação da matriz dos pesos para processamento de bases simples .....	38
4.3	Equação linear para dupla diferença de fases e matriz design, para processamento de bases simples.....	42
4.4	Processamento de vários vetores com fases da portadora .....	45
5	AJUSTAMENTO DOS VETORES OBSERVADOS .....	51
5.1	Organização dos vetores e formação da matriz dos pesos .....	51
5.2	Ajustamento dos vetores observados, em rede .....	56
6	OS PROGRAMAS OMNI e ADJUST ... ..	59
6.1	O programa OMNI .....	59
6.1.2	Programas MERSET e MERGE .....	60
6.1.3	Programas GPSSET e GPS22 .....	64
6.1.4	Programas CHKDDR, CHKPFR e EDATA .....	66
6.2	O programa ADJUST .....	68
7	METODOLOGIA DE IMPLATAÇÃO DA REDE GEODÉSICA DE MINAS GERAIS .....	71
7.1	Planejamento .....	71
7.2	Implantação das estações .....	74
7.2.1	Captação de recursos e construção dos marcos .....	74

7.2.2	Campanha de observação .....	75
7.2.3	Organização dos dados .....	80
8	PROCESSAMENTO DAS SESSÕES, RESULTADOS E ANÁLISES .....	83
8.1	Processamento das observações da Rede Minas .....	83
8.2	Análise da qualidade das observações .....	88
8.3	Resultados do processamento e análise .....	92
9	AJUSTAMENTOS, RESULTADOS, COMPARAÇÕES E ANÁLISES ..	101
9.1	Ajustamento com o programa COLUMBUS .....	101
9.1.1	Entrada de dados .....	102
9.1.2	Coordenadas aproximadas, vetores e matrizes das variâncias .....	102
9.1.3	Escolha do sistema de referência .....	102
9.1.4	Parâmetros para verificação da qualidade dos vetores .....	103
9.1.5	Variância de referência <i>a priori</i> .....	104
9.1.6	Vetores independentes escolhidos para o ajuste .....	104
9.1.7	Ajustamento com injunções mínimas .....	105
9.1.8	Verificando e eliminando <i>outliers</i> .....	107
9.1.9	Resultados do ajustamento com o COLUMBUS, após eliminar <i>outliers</i> ..	114
9.2	Ajustamento com o ADJUST .....	118
9.2.1	Coordenadas aproximadas – arquivo “Blue Book” .....	118
9.2.1-	Vetores, desvios padrão e correlações – arquivo “G-file” .....	118
9.2.2-	Escolha do sistema de referência – arquivo “Afile” .....	119
9.2.3-	O processo de ajustamento com o ADJUST .....	119
9.3	Resultados, comparações e análises .....	120
9.3.1	Matriz variância-covariância completa <i>versus</i> incompleta .....	121
9.3.1.1	Antes de eliminar <i>outliers</i> .....	121
9.3.1.2	Após eliminar <i>outliers</i> .....	129
9.3.2	Efeito da eliminação de <i>outliers</i> .....	133
9.3.3	Efeito da não consideração dos vetores no ITRF97 .....	137
9.3.4	Efeito da escolha de diferentes conjuntos de vetores .....	141

9.3.5	Verificação da influência da injeção de diferentes pontos de controle ....	150
9.3.6	Coordenadas das estações da Rede Geodésica por GPS do Estado de Minas Gerais, no WGS 84 .....	155
9.3.7	Ajustamento fixando as coordenadas de BRAZ e VICO no ITRF94, constantes no relatório SIRGAS .....	168

10-	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	176
-----	----------------------------------	-----

	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	183
--	----------------------------------	-----

## ANEXOS

Anexo A	Estações, início e término das sessões do levantamento da Rede Minas .....	186
Anexo B	Dados de calibração das antenas GPS utilizadas na Rede Minas ..	198
Anexo C	Um exemplo do arquivo resultante do processamento com o OMNI. ....	205
Anexo D	Coordenadas oficiais da estação BRAZ no SAD-69 .....	209
Anexo E	Coordenadas oficiais da estação VICO no SAD-69 .....	212
Anexo F	Precisões interna e externa da Rede Minas ao fixar as coordenadas oficiais de seis estações de controle. ....	216
Anexo G	Precisões interna e externa da Rede Minas ao liberar BRAZ .....	218
Anexo H	Precisões interna e externa da Rede Minas ao fixar as coordenadas no ITRF94 das estações BRAZ e VICO. ....	220
Anexo I	Precisões interna e externa da Rede Minas ao fixar as coordenadas oficiais das estações BRAZ e VICO. ....	222

## APÊNDICE I

**LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1.1</b> - Estações que fazem parte do ITRF2000	2
<b>FIGURA 1.2</b> - Estações que monitoram a orientação do ITRF2000	2
<b>FIGURA 1.3</b> - Estações que compõem o Sistema de Referência das Américas SIRGAS	3
<b>FIGURA 1.4</b> - Estações da RBMC	4
<b>FIGURA 1.5</b> - Pontos determinados por satélites no Brasil até abril de 2001	5
<b>FIGURA 1.6</b> - Mapa índice das cartas 1:100.000 a 1.50.000 do estado de Minas Gerais	6
<b>FIGURA 2.1</b> – Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS .	14
<b>FIGURA 2.2</b> - Sistema Topocêntrico	20
<b>FIGURA 4.1</b> - Posicionamentos relativos, com seis receptores, e definição do vetor entre duas estações	38
<b>FIGURA 4.2</b> - Formação das diferenças de fases, observadas por cinco receptores simultaneamente, escolhendo uma estação como referência (a), e alternando entre estações que estão mais próximas umas das outras (b)	47
<b>FIGURA 5.1</b> – Vetores resultantes do processamento dos dados de duas sessões, com quatro (a) e cinco receptores (b), e duas diferentes estações de referência	53
<b>FIGURA 7.1-A</b> - Marco da Rede Minas	72
<b>FIGURA 7.1-B</b> - Pino de centragem forçada	72
<b>FIGURA 7.2</b> – Situação dos pontos da rede Minas e poligonais levantadas com observações simultâneas	78
<b>FIGURA 7.3</b> – Localização das estações processadas e ajustadas da Rede Minas neste Trabalho	80
<b>FIGURA 8.1</b> – Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases observadas na estação 1031, satélite 10, da portadora L2, mostrando uma perda de milhares de ciclos	85

- FIGURA 8.2** – Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases observadas na estação 1031, satélite 10, da portadora L2, mostrando as perdas de ciclos parcialmente corrigidas 85
- FIGURA 8.3** - Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases observadas na estação 1031, satélite 10, da portadora L2, mostrando as perdas de ciclos totalmente corrigidas 86
- FIGURA 8.4** – Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases ajustadas (post fit) para a estação 1031, sessão 083A, mostrando alguns ruídos na portadora L3 87
- FIGURA 8.5** - Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases ajustadas para a estação 1031, sessão 083A, com os ruídos eliminados 87
- FIGURA 8.6** – Gráfico PDOP para a estação 1916 (POMP) no dia 01/04/2001  
Fonte: programa PLANEJ 88
- FIGURA 8.7** – Gráfico dos resíduos das triplas diferenças (TD) de fases com poucas correções a serem feitas ( Sessão 083A ) 89
- FIGURA 8.8** – Gráfico dos resíduos das triplas diferenças (TD) de fases com algumas correções a serem feitas (Sessão 083B) – Observar a escala no canto esquerdo superior 89
- FIGURA 8.9** – Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases observadas (INP), para a estação 1031 e satélite 02 mostrando dados com algum ruído 90
- FIGURA 8.10** – Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases observadas (INP), para a estação 1031 e satélite 8, mostrando dados praticamente sem ruídos 90
- FIGURA 8.11** - Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases ajustadas (post fit) para a estação 1031 mostrando dados com poucos ruídos 91
- FIGURA 8.12** - Gráfico dos resíduos das duplas diferenças de fases ajustadas (post fit) para a estação 1031 mostrando dados com alguns ruídos 91
- FIGURA 9.1** – Representação dos vetores independentes observados na estratégia 1. 105
- FIGURA 9.2** – Histograma dos resíduos padronizados antes de eliminar *outliers* 108

<b>FIGURA 9.3</b> – Elipses relativas resultantes do ajustamento com o <i>COLUMBUS</i> , antes de eliminar <i>outliers</i> .	111
<b>FIGURA 9.4</b> – Vetores considerados no ajustamento com o <i>COLUMBUS</i>	115
<b>FIGURA 9.5</b> – Histograma dos resíduos padronizados após eliminar possíveis <i>outliers</i> .	116
<b>FIGURA 9.6</b> – Elipses relativas resultantes ajustamento com o <i>COLUMBUS</i> , após eliminar <i>outliers</i> .	117
<b>FIGURA 9.7</b> – Elipses resultantes dos desvios padrão calculados pelo ADJUST, antes de eliminar <i>outliers</i> . Vetores no WGS84	124
<b>FIGURA 9.8</b> – Posições e elipses dos erros para pontos de controle, determinadas pelos programas <i>COLUMBUS</i> (COL) e <i>ADJUST</i> (ADJ), comparadas com as coordenadas oficiais (OF), antes de eliminar <i>outliers</i>	128
<b>FIGURA 9.9</b> – Vetores independentes usados na estratégia 1, no ajustamento com o <i>ADJUST</i> , após eliminar <i>outliers</i>	130
<b>FIGURA 9.10</b> – Posições e elipses dos erros para pontos de controle, determinadas pelos programas <i>COLUMBUS</i> (COL) e <i>ADJUST</i> (ADJ), após eliminar <i>outliers</i> , com relação às oficiais (OF)	132
<b>FIGURA 9.11</b> – Posições e elipses dos erros para pontos de controle, determinadas com o <i>ADJUST</i> , antes e depois de eliminar <i>outliers</i> , comparadas com as oficiais	135
<b>FIGURA 9.12</b> – Elipses resultantes dos desvios padrão calculados pelo <i>ADJUST</i> , na estratégia 1, após eliminar <i>outliers</i> – vetores no ITRF97	139
<b>FIGURA 9.13</b> – Posições, e elipses dos erros para pontos de controle, determinadas pelo <i>ADJUST</i> considerando os vetores no ITRF97 e no WGS-84	140
<b>FIGURA 9.14</b> – Vetores independentes da estratégia 2, antes de eliminar <i>outlier</i> .	142
<b>FIGURA 9.15</b> – Vetores independentes da estratégia 2 após eliminar <i>outliers</i>	143
<b>FIGURA 9.16</b> - Posições e elipses dos erros para pontos de controle, determinadas pelo <i>ADJUST</i> considerando os vetores das estratégias 1 e 2, antes de eliminar <i>outliers</i>	147

- FIGURA 9.17** - Posições e elipses dos erros para pontos de controle, determinadas pelo ADJUST considerando os vetores das estratégias 1 e 2, após eliminar *outliers* 149
- FIGURA 9.18** - Posições e elipses dos erros para pontos de controle, fixando diferentes estações 153
- FIGURA 9.19** - Elipses resultantes dos desvios padrão calculados pelo ADJUST, fixando CHUÁ, BRAZ, VICO, AVER, FRAN e LIMO 156
- FIGURA 9.20** - Elipses resultantes dos desvios padrão calculados pelo ADJUST, liberando BRAZ 157
- FIGURA 9.21**- Posições das estações no sistema ITRF94 – relatório SIRGAS - e as transformadas para o WGS84, em relação às posições oficiais 169
- FIGURA 9.22** – Elipses dos erros resultantes do ajustamento no ITRF94, fixando as coordenadas de BRAZ e VICO 170
- FIGURA 9.23** – Elipses dos erros resultantes do ajustamento fixando as coordenadas de BRAZ e VICO oficiais, no WGS84 171
- FIGURA 9.24** - Diferenças entre as coordenadas no sistema WGS84, obtidas da conversão das coordenadas ajustadas, no ITRF94, e as oficiais utilizadas anteriormente 172

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 2.1</b> - Parâmetros de transformação do ITRF2000 para os sistemas ITRFyy anteriores e suas velocidades	16
<b>TABELA 2.2</b> - Parâmetros que transformam coordenadas do ITRF90 para o WGS84 realizado pelo TRANSIT	17
<b>TABELA 3.1</b> - Diferenças de fases observadas e calculadas	35
<b>TABELA 6.1</b> – Valores máximos de erros médios quadráticos para diferentes comprimentos de bases	65
<b>TABELA 7.1</b> - Identificação dos pontos da rede Minas	76
<b>TABELA 7.2</b> – Distâncias verticais ARP – TGP e alturas dos centros de fases de L1 (L1PC) e L2 (L2PC) em relação ao TGP, das antenas utilizadas na Rede Minas	82
<b>TABELA 8.1</b> – Números Googe e coeficientes de correlação entre as coordenadas das estações, resultantes do processamento da sessão 87A	93
<b>TABELA 8.2</b> – Coordenadas, desvios padrão e coeficientes de correlação resultantes do processamento da sessão 087A	93
<b>TABELA 8.3</b> – Vetores com origem na estação de referência da sessão 087A e a matriz variância-covariância entre todas componentes	94
<b>TABELA 8.4</b> – Conjuntos de vetores independentes, da sessão 087A, incluindo um vetor que não tem como origem a estação de referência, e a matriz variância-covariância entre todas as componentes	95
<b>TABELA 8.5</b> - Resultados do processamento de um vetor, observado em seis sessões. Média dos valores e desvio padrão da média	96
<b>TABELA 8.6</b> – Resíduos e razões ‘resíduo/desvio da observação’ para os vetores listados na Tabela. 8.5	97
<b>TABELA 8.7</b> – Erro de fechamento do polígono XI determinado usando vetores resultantes do processamento de uma mesma sessão	98
<b>TABELA 8.8</b> – Erro de fechamento do polígono XI calculado usando os valores médios dos vetores resultantes do processamento de várias sessões	99

<b>TABELA 8.9</b> – Erro de fechamento do polígono XV calculado usando os valores médios dos vetores resultantes do processamento de várias sessões	99
<b>TABELA 9.1</b> – Cabeçalho do arquivo de resultados do programa <i>COLUMBUS</i> , mostrando informações do ajustamento dos vetores da estratégia 1	106
<b>TABELA 9.2</b> – Parte das observações marcadas como possíveis <i>outliers</i> .	109
<b>TABELA 9.3</b> - Resultados do processamento dos vetores com origem na 1696 e término nas estações 1874, 1886 e 1890. Média dos valores e desvio padrão da média	112
<b>TABELA 9.4</b> – Valores dos elementos das elipses das estações resultantes do ajustamento com o <i>COLUMBUS</i> , antes de eliminar <i>outliers</i> .	113
<b>TABELA 9.5</b> – Informações do ajustamento após eliminar <i>outliers</i> –Estratégia 1.	116
<b>TABELA 9.6</b> – Valores dos elementos das elipses das estações resultantes ajustamento com o <i>ADJUST</i> , antes de eliminar <i>outliers</i>	123
<b>TABELA 9.7</b> – Coordenadas geodésicas e desvios padrão no SAD69, de estações da Rede Minas, conhecidas a priori	126
<b>TABELA 9.8</b> – Coordenadas geodésicas no WGS 84, de estações da Rede Minas, conhecidas a priori	126
<b>TABELA 9.9</b> – Coordenadas topocêntricas dos pontos de controle resultantes do ajuste com os programas <i>ADJUST</i> e <i>COLUMBUS</i> , antes de eliminar <i>outliers</i>	127
<b>TABELA 9.10</b> – Coordenadas topocêntricas dos pontos de controle resultantes do ajuste com os programas <i>ADJUST</i> e <i>COLUMBUS</i> , após eliminar <i>outliers</i>	131
<b>TABELA 9.11</b> – Coordenadas topocêntricas dos pontos de controle resultantes dos ajustes, com o programa <i>ADJUST</i> , antes (A) e depois (D) de eliminar <i>outliers</i>	134
<b>TABELA 9.12</b> – Valores dos elementos das elipses das estações resultantes ajustamento com o <i>ADJUST</i> , após eliminar <i>outliers</i> , considerando os vetores no ITRF97 – estratégia 1	136

<b>TABELA 9.13</b> – Coordenadas topocêntricas dos pontos de controle resultantes do ajuste com o programa ADJUST, considerando os vetores no ITRF97 e no WGS84	139
<b>TABELA 9.14</b> – Valores dos elementos das elipses das estações, resultantes do ajustamento com o ADJUST, após eliminar <i>outliers</i> , considerando os vetores da estratégia 2	145
<b>TABELA 9.15</b> – Coordenadas topocêntricas dos pontos de controle, resultantes do ajuste com o programa ADJUST, antes de eliminar <i>outliers</i> , para as estratégias 1 e 2	146
<b>TABELA 9.16</b> – Coordenadas topocêntricas dos pontos de controle, resultantes do ajuste com o programa ADJUST, depois de eliminar <i>outliers</i> , para as estratégias 1 e 2	148
<b>TABELA 9.17</b> - Diferenças entre as coordenadas determinadas e as oficiais, fixando CHUÁ – 1031	151
<b>TABELA 9.18</b> - Diferenças entre as coordenadas determinadas e as oficiais, fixando BRAZ – 1200	151
<b>TABELA 9.19</b> - Diferenças entre as coordenadas determinadas e as oficiais, fixando VICO – 1696	151
<b>TABELA 9.20</b> - Diferenças entre as coordenadas determinadas e as oficiais, fixando BRAZ e VICO	151
<b>TABELA 9.21</b> - Diferenças entre as coordenadas determinadas e as oficiais, fixando CHUÁ, BRAZ e VICO	152
<b>TABELA 9.22</b> - Raiz quadrada da variância de referência a <i>posteriori</i> , ao liberar uma das seis estações de controle fixadas	154
<b>TABELA 9.23</b> – Coordenadas, desvios padrão e números Googe das estações da Rede Minas, no WGS-84, fixando 6 estações	159
<b>TABELA 9.24</b> – Coordenadas, desvios padrão e números Googe das estações da Rede Minas, no WGS-84, liberando BRAZ	162
<b>TABELA 9.25</b> – Coordenadas, desvios padrão e números Googe das estações da Rede Minas, no WGS-84, fixando somente CHUÁ	165
<b>TABELA 9.26</b> – Coordenadas geodésicas e desvios padrão no GRS80, ITRF94, das estações BRAZ-91200 e VICO- 91696	168

- TABELA 9.27** - Diferenças entre as coordenadas nos sistemas ITRF94 e as transformadas em WGS84 com as oficiais utilizadas anteriormente, no WGS84 169
- TABELA 9.28** - Diferenças entre as coordenadas no sistema WGS84, obtidas da conversão das coordenadas ajustadas, no ITRF94, e as oficiais utilizadas anteriormente 172
- TABELA 9.29** – Coordenadas, desvios padrão e números Googe das estações da Rede Minas, no ITRF94, fixando BRAZ e VICO 173

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ARGO** - Automatic Re-formatter of the GPS Observables
- ARP** - Antenna Reference Point
- AS** - Anti-Spoofing
- BIH** - Bureau International de L'Heure
- C/A** - Coarse/Acquisition-code
- CEMIG** – Companhia Energética de Minas Gerais
- COPASA** - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- CREA** - Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia
- CTP** - Conventional Terrestrial Pole
- ITRS** - International Terrestrial Reference System
- DER** - Departamento de Estradas e Rodagem
- DoD** - Department of Defense
- DORIS** – Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite
- DOS** - Disk Operating System
- DOY** - Day of Year
- DSG** – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
- EESC-USP** - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo
- EPUSP/PTR** - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/Departamento de Engenharia de Transportes
- GDOP** – Geometric Dilution of Precision
- GPS** - Global Positioning System
- GRS** - Geodetic Reference System
- IAU** - International Astronomical Union
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICRF** - IERS Celestial Reference Frame
- IEF** - Instituto Estadual de Florestas
- IERS** - International Earth Rotation Service
- IGA** - Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais
- IGS** - International GPS Service
- INCRA** - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

**Internet** - Rede de Comunicação mundial composta de diversas redes pequenas

**IRM** - International Reference Meridian

**ITRS** - International Terrestrial Reference System

**ITRF** - IERS Terrestrial Reference Frame

**IUGG** - International Union of Geodesy and Geophysics

**LLR** - Lunar Laser Ranging

**MVC** – Matriz de Variâncias e Covariâncias

**NAVSTAR** - Navigation System with Time and Ranging

**NC** – Nível de confiança

**NGS** - National Geodetic Survey

**NIMA** - National Imagery and Mapping Agency

**OMNI** - Programa desenvolvido no NGS sob a supervisão do Dr. Gerald Mader

**PDOP** – Position Dilution of Precision

**PPM** – Parte por milhão

**PPB** – Parte por bilhão

**PPP** - Precise Point Positioning

**PPS** - Precise Positioning Service

**RBMC** – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

**RINEX** - Receiver Independent Exchange Format

**RMS** – Root Mean Square

**SA** - Selective Availability

**SAD-69** – South American Datum 1969

**SCIGN** - Southern California Integrated GPS Network

**SIRGAS** - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

**SIVAM** – Sistema de Vigilância da Amazônia

**SLR** - Satellite Laser Ranging

**SPS** - Standard Positioning Service

**TEC** - Total Electron Content

**TGP** – Top Ground Plane

**UFV** – Universidade Federal de Viçosa

**USP** – Universidade de São Paulo

**VLBI** - Very Long Baseline Interferometry

**WGS** - Word Geodetic System