

## Nivelamento, GPS e Gravimetria em Pontal do Sul - Resultados

**Andrea Tedesco**<sup>1</sup>  
**Geraldo Landovsky**<sup>2</sup>  
**Jaqueline Cavalli**<sup>3</sup>  
**Maria Madalena Santos**<sup>4</sup>  
**Patricia de Castro Pedro**<sup>5</sup>  
**Orientadores : Claudia P. Krueger**<sup>6</sup>  
**Pedro L. Faggion**<sup>7</sup>

Universidade Federal do Paraná  
 Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática  
 Caixa Postal 19011  
 81531-990 Curitiba PR, Brasil

<sup>1</sup> ✉ [archimazzi@softone.com.br](mailto:archimazzi@softone.com.br)

<sup>3</sup> ✉ [jaqueline@sanepar.pr.gov.br](mailto:jaqueline@sanepar.pr.gov.br)

<sup>5</sup> ✉ [pcpedro@iguacu.cce.ufpr.br](mailto:pcpedro@iguacu.cce.ufpr.br)

<sup>6</sup> ✉ [ckrueger@cce.ufpr.br](mailto:ckrueger@cce.ufpr.br)

<sup>7</sup> ✉ [pedrof@geoc.ufpr.br](mailto:pedrof@geoc.ufpr.br)

Conteúdo	
	<b>1 Introdução</b>
	<b>2 Descrição da Área</b>
	<b>3 Levantamentos</b>
	<b>3.1 Nivelamento Geométrico de 1º Ordem</b>
	<b>3.1.1 Equipamentos</b>
	<b>3.1.2 Método</b>
	<b>3.1.3 Resultados</b>
	<b>3.2 Posicionamento GPS Relativo</b>
	<b>3.2.1 Equipamentos</b>
	<b>3.2.2 Método</b>
	<b>3.2.4 Resultados</b>
	<b>3.3 Gravimetria</b>
	<b>3.3.1 Equipamento</b>
	<b>3.3.2. Método</b>
	<b>3.3.3. Resultados</b>
	<b>4 Resultados Finais</b>
	<b>5 Conclusão</b>
	<b>6 Referências Bibliográficas</b>

**Resumo** : O balneário de Pontal do Sul localiza-se no município de Pontal do Paraná, a aproximadamente 60 km de Curitiba. Durante o ano de 1999, os alunos do 4º ano de Engenharia Cartográfica – UFPR, com o apoio do CEM (Centro de Estudos do Mar – UFPR) e a Prefeitura Municipal, desenvolveram levantamentos nesta região, abrangendo uma extensão de aproximadamente 21 km, sendo relatado neste trabalho os resultados obtidos em uma área piloto de 4 km. Os levantamentos realizados em Pontal do Sul, compõe-se de; Nivelamento Geométrico de 1º ordem, posicionamento relativo com o GPS (técnica estática e estática rápida) e de um circuito gravimétrico entre Curitiba - e os marcos implantados na região. Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos em cada levantamento, a ondulação geoidal e a comparação entre o posicionamento GPS relativo com as técnicas estática e estática rápida.

**Palavras chave** : Nivelamento, GPS, Gravimetria, Pontal do Sul

**Abstract** : The spa of Pontal of the South, is located in the municipal district of Pontal of Paraná, the approximately 60 km of Curitiba. During the year of 1999, the the 4º year-old students - UFPR, with the support of the A CEM (Center of Studies of the Sea - UFPR) and the Municipal City hall, they developed risings in this area, embracing an extension of approximately 21 km, being told in this work the results obtained in a pilot area of 4 km. The risings accomplished in Pontal of the South, it is composed of; Geometric Nivelamento of 1º order, relative positioning with GPS (static technique and fast static) and of a circuit gravimétrico among Curitiba - and the marks implanted in the area. In this presented healthy work the results obtained in each rising, the undulation geoidal and the comparison among the positioning relative GPS with the static techniques and fast static.

### 1 Introdução

O presente trabalho consta de um conjunto de métodos de levantamentos e técnicas de posicionamento geodésico aplicado na implantação de uma rede geodésica de 1º ordem no litoral do Paraná, mais precisamente na região do município de Pontal do Paraná.

Necessidade de familiarização dos alunos do curso de Engenharia Cartográfica com a realidade dos levantamentos geodésicos de campo e também a necessidade do CEM e da Prefeitura, em dispor de uma malha de pontos confiáveis para o controle do

assoreamento da baía e mesmo a definição da movimentação da linha de costa, viabilizaram a realização deste projeto.

técnicas utilizadas foram Nivelamento Geométrico de 1º ordem, Levantamento Gravimétrico e Posicionamento com GPS, com o objetivo de obter-se todas as informações geodésicas possíveis.

## 2 Descrição da Área

Os levantamentos descritos neste trabalho foram realizados no município de Pontal do Paraná (Litoral Paranaense), durante o período letivo da disciplina Métodos e Medidas de Posicionamento em Geodésia, do curso de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Paraná, em 1999. O circuito é composto por quatro marcos, são eles:

Câmara de Vereadores de Pontal do Paraná (CAV0): ponto materializado por um marco de concreto situado nos fundos do pátio da Câmara;

- RN 3009K (Poste de Alta Tensão n.º 84 - PO84): RN situada à margem direita da PR412 sentido Pontal do Sul - Praia de Leste;
- RN 3014K (Poste de Alta Tensão n.º 80 - PO80): RN situada à margem direita da PR412 sentido Pontal do Sul - Praia de Leste; e
- Acesso ao Condomínio Residencial Atami II (ATM2): ponto materializado por um marco de concreto situado na entrada do condomínio Atami II.

Na figura 01, observa-se a área em estudo.

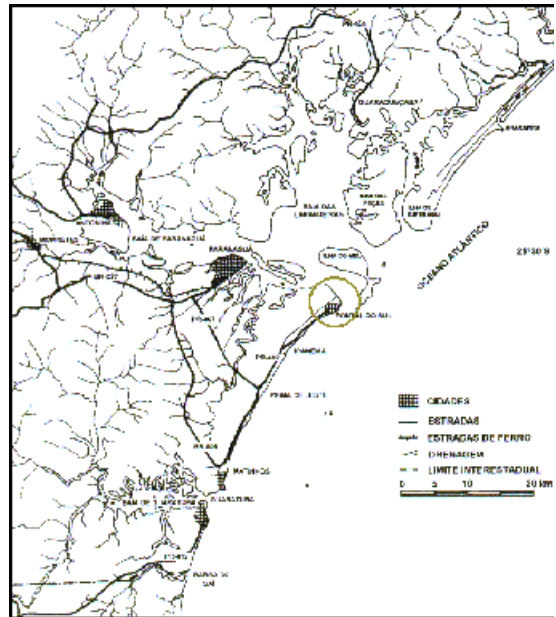


Fig. 1 : Mapa com a localização da área dos levantamentos

## 3 Levantamentos

Na área em estudo foram realizados Nivelamento Geométrico de 1º ordem, Posicionamento por GPS e Gravimetria, descritos a seguir.

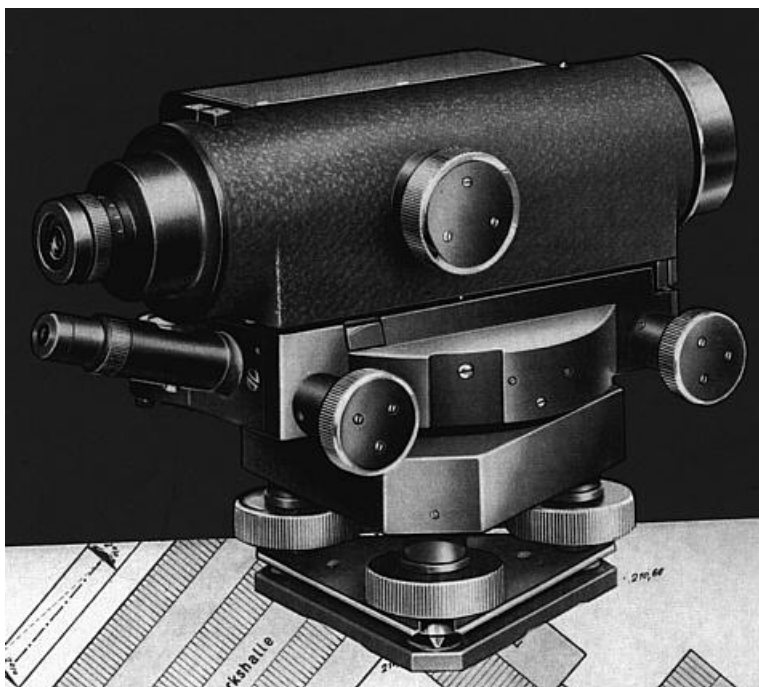
### 3.1 Nivelamento Geométrico de 1º Ordem

#### 3.1.1 Equipamentos

Neste levantamento foram empregados os equipamentos pertencentes ao Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica (LAIG), UFPR, relacionados a seguir:

- duas miras de invar;
- um tripé;
- quatro balizas;
- duas sapatas;
- guarda-sol; e
- nível com placa plano-paralela (Ni-030 da Zeiss).

O nível geodésico Ni-030 pode ser observado na figura 02.



**Fig. 2** : Nível Geodésico Ni-030, vista lateral

### 3.1.2 Método

O Nivelamento Geométrico de 1º ordem baseia-se na determinação do desnível entre pontos. Ele, é determinado pela diferença entre as leituras feitas sobre duas miras estacionadas a ré-e-vante nos pontos considerados, utilizando-se uma luneta conjugada a um nível de boa sensibilidade, instalado a meia distância entre as miras.

A colocação do nível entre duas miras estacionadas acarreta não só na eliminação da influência da esféricidade e da refração, como também, evita o possível erro de colimação vertical da luneta.

Cada seção deve ser nivelada, em ida e volta, com operações distintas as quais devem ser executadas, tanto quanto possível, em diferentes condições atmosféricas.

### 3.1.3 Resultados

a) Nivelamento e Contra-nivelamento entre Câmara de Vereadores de Pontal do Paraná (CAV0) e RN 3009K (Poste de Alta Tensão n.º 84 - PO84)

A distância total de nivelamento neste trecho foi de 1.056,9 m e a distância total de contra-nivelamento foi de 1.052,4 m. Logo, o erro permitido foi igual a 3,08 mm. Quanto ao erro cometido entre estas estações (diferença entre o somatório dos desníveis do nivelamento e contra-nivelamento), foi de aproximadamente 1,96 mm. O desnível encontrado para os pontos citados foi de 38,70 cm. Portanto, obteve-se um resultado de alta precisão atendendo ao princípio do Nivelamento de 1º Ordem.

b) Nivelamento e Contra-nivelamento entre RN 3009K (Poste de Alta Tensão n.º 84 - PO84) e RN 3014K (Poste de Alta Tensão n.º 80 - PO80)

A distância total de nivelamento neste trecho foi de 727,950 m e a distância total de contra-nivelamento foi de 728,100 m. Logo, o erro permitido foi igual a 2,56 mm. Quanto ao erro cometido entre estas estações (diferença entre o somatório dos desníveis do nivelamento e contra-nivelamento), foi de aproximadamente 1,05 mm. O desnível encontrado para os pontos citados foi de 42,90 cm. Portanto, obteve-se a mesma precisão do item anterior.

Na tabela 01 observa-se os desníveis e as altitudes encontradas para os marcos.

**Tabela 01 - Desníveis(Dd) e altitudes ortométricas dos marcos (h)**

Trecho	D d (m)	h (m)
RN 3014K (PO80)	-0,42855	7,9817825
RN 3009K (PO84)		7,5532325
RN 3009K (PO84)	0,38817	7,5532325
Câmara Vereadores (CAV0)		7,9414025

### 3.2 Posicionamento GPS Relativo

#### 3.2.1 Equipamentos

Foram utilizados para a realização deste levantamento os equipamentos pertencentes ao Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE), UFPR, relacionados a seguir:

- Teodolito Vasconcelos dotado de bússola;
- Receptor GPS Trimble 4000 SSI, apresentado na figura 03; e
- Receptor GPS Ashtech ZXII, apresentado na figura 04.



**Fig. 3 : Receptor Trimble 4000 SSI**



**Fig. 4 : Receptor Ashtech ZXII**

#### 3.2.2 Método

O GPS, é um sistema de posicionamento global baseado numa constelação de 24 satélites artificiais. Um dos objetivos é proporcionar aos usuários sua posição tridimensional, informações sobre o tempo e auxiliar na navegação (Seeber, 1993). Os satélites que compõem o sistema, transmitem sinais os quais são decodificados pelos receptores. Atualmente, este sistema estende-se a setores científicos não militares e até em atividades de lazer, devido ao seu grande potencial.

Os usuários deste sistema posicionam-se sobre a superfície terrestre utilizando os métodos absolutos e relativos. No 1º caso emprega-se apenas um receptor GPS e a precisão alcançada com o código P é de 10m a 20m. Para aplicações geodésicas, recorre-se ao posicionamento relativo

O posicionamento relativo caracteriza-se pela observação simultânea dos sinais dos satélites em pelo menos duas estações distintas, o que contribui para uma significativa redução de erros, especialmente do erro do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera.

Neste tipo de posicionamento, utilizam-se diferentes técnicas para a modelagem da medida da fase da portadora: observações não diferenciadas, simples diferença de fase, dupla diferença de fase e a tripla diferença de fase. Elas conduzem a dois conceitos de exploração distintos: estimação e eliminação dos parâmetros.

Ao longo do tempo diferentes técnicas de posicionamento relativo foram desenvolvidas. Elas, apresentam vantagens e limitações (Carvalho, 1999). Na seqüência serão abordadas apenas as técnicas estática e estática rápida, empregadas neste levantamento.

- Técnica Estática (clássico)

Nesta técnica de posicionamento relativo, tem-se como vantagem a obtenção de uma maior precisão e como desvantagem um menor rendimento quanto ao número de pontos rastreados, devido ao maior tempo de observação. Este, é função do comprimento da linha de base, ou seja, da distância entre a estação de coordenadas conhecidas e a que se deseja conhecer.

- Técnica Estática Rápida

técnica consiste na determinação das incógnitas (coordenadas das estações desconhecidas) durante um tempo inferior de ocupação nas estações, quando comparado com o tempo necessário para aplicação da técnica de Posicionamento Relativo Estático. Pode-se realizar esta técnica com uma visita ou com reocupação. No 1º caso, um tempo de 10 a 20 minutos de observação é suficiente. No 2º caso, o tempo de observação é de 4 a 8 minutos para cada visita, sendo as estações reocupadas após um intervalo de 50 a 130 minutos (Seeber, 1993). Este posicionamento requer técnicas de rápida resolução de ambigüidades, descritos em Kruger, 1996. Geralmente, emprega-se a combinação do código/portadora para receptores de dupla freqüência.

- Metodologia Empregada

Com o auxílio do teodolito Vasconcelos, realizou-se a máscara dos quatro marcos que compõem o circuito (seção 2), identificando nestas, as obstruções presentes no local. Com o módulo Planning, do programa PRISM (Ashtech) foi verificada a disponibilidade dos satélites para o local e o PDOP.

No posicionamento relativo com a técnica estática utilizou-se uma taxa de coleta de dados de 15 segundos, ângulo de elevação de 15°, a duração do rastreo foi de 1 hora e 30 minutos e a estação base utilizada foi o marco CEM 1, localizado no Centro de Estudos do Mar, em Pontal do Sul.

O posicionamento dos quatro marcos, com o emprego da técnica de rastreo Estática Rápida com uma ocupação, foi realizada tendo como parâmetros; taxa de coleta de dados de 5 segundos, ângulo de elevação de 15° e tempo de ocupação em cada marco de 15 minutos. Utilizou-se como estação base o marco CEM 1.

### 3.2.4 Resultados

#### a) Técnica de Rastreo Estático

As coordenadas geodésicas (  $f$  ,  $l$  ,  $H$  ) obtidas com o pós- processamento dos dados através do programa PRISM estão indicadas na tabela 02. Elas, resultam da solução da Dupla Diferença de Fase ( *The Fixed Difference Solution* ) com a portadora L1 utilizando como estação base o CEM1.

**Tabela 02** : Coordenadas obtidas com a técnica estática

	CAV0	ATM2	PO80	PO84
Latitude ( $f$ )	-25°34'49,86749"	-25°35'53,94245"	-25°35'13,23539"	-25°35'04,32874"
Longitude ( $l$ )	48°21'42,31269"	48°23'36,66614"	48°22'39,60889"	48°22'15,68866"
Altitude ( $H$ )	1,8440	3,1747	1,8897	1,4705

Observam-se na tabela 03 os desvios padrão para as coordenadas geocêntricas (  $X$  ,  $Y$  ,  $Z$  ) obtidas com o pós-processamento dos dados.

**Tabela 03** Desvios Padrão em  $X$  ,  $Y$  e  $Z$ .

	CAV0	ATM2	PO80	PO84
d $X$ (m)	± 0,012505	± 0,00885	± 0,007567	± 0,018023
d $Y$ (m)	± 0,012609	± 0,00757	± 0,009313	± 0,017997
d $Z$ (m)	± 0,008888	± 0,00547	± 0,00552	± 0,012774

Verifica-se que estes desvios padrão são inferiores a 1,8 cm.

## b) Técnica de Rastreo Rápido Estático

Os resultados obtidos no pós-processamento dos dados coletados com esta técnica estão indicados na tabela 04. Observa-se nesta tabela as coordenadas geodésicas  $f$ ,  $l$ ,  $H$  para os marcos rastreados CAV0, ATM2 e PO80. Os dados coletados no marco PO84 foram perdidos em face a mudança do ano GPS e a não atualização dos receptores, na época deste levantamento.

**Tabela 04** – Coordenadas obtidas pela técnica Estática Rápida

	<b>CAVO</b>	<b>ATM2</b>	<b>PO80</b>
Latitude( $f$ )	25°34' 49,86785"	25°35' 53,94311"	25°35' 13,23539"
Longitude ( $l$ )	48°21' 42,31219"	48°23'36,66760"	48°22'39,60960"
Altitude (H)	1,840 m	3,328 m	1,787 m

Na tabela 05 apresenta-se os desvios padrão obtidos para as coordenadas geocêntricas (X, Y, Z) com o pós-processamento dos dados coletados com a técnica Estática Rápida.

**Tabela 05** – Desvios padrão em X, Y, Z

	<b>CAVO</b>	<b>ATM2</b>	<b>PO80</b>
d X (m)	± 0,020	± 0,378	± 0,66
d Y (m)	± 0,019	± 0,481	± 0,694
d Z (m)	± 0,011	± 0,368	± 0,421

## c) Diferença entre Estático e Estática Rápida

Na tabela 06 são indicadas as diferenças calculadas entre os resultados obtidos entre o posicionamento relativo estático (tabela 02) e a Estática Rápida com uma ocupação (tabela 04), para os marcos CAV0, ATM2 e PO80.

**Tabela 06** – Diferença entre os resultados obtidos pelas técnicas estática e Estática Rápida

	<b>CAVO</b>	<b>ATM2</b>	<b>PO80</b>
Df (m)	0,0111	0,0204	0,0
Dl (m)	0,0154	0,0450	0,0219
D H (m)	0,004	0,1533	0,1027

Observando a tabela acima, verifica-se que o marco CAV0 apresentou diferenças inferiores a 1,5 cm. Contudo, para os marcos ATM2 e PO80 estas diferenças em  $f$  e  $l$  foram inferiores a 4,5 cm e em altitude a 15,3 cm.

Analisando-se a tabela 05, constata-se que os desvios padrão para ATM2 e PO80 foram elevados, indicando que as coordenadas geodésicas, obtidas com o pós-processamento dos dados coletados com a técnica Estática Rápida não são tão precisas quanto as obtidas com a técnica estática.

Se houver interesse apenas na planimetria, pode-se considerar satisfatória as coordenadas geodésicas obtidas com a técnica de rastreo Estática Rápida em algumas aplicações, como por exemplo pontos de apoio para a fotorestituição.

## 3.3 Gravimetria

### 3.3.1 Equipamento

O circuito gravimétrico de marcos localizados em Pontal do Sul - Pontal do Paraná foi realizado utilizando-se determinações relativas, por meio do gravímetro Lacost&Romberg modelo G372, pertencente ao LAIG, UFPR.



**Fig. 5** : Gravímetro Lacoste & Romberg modelo G 372

### 3.3.2. Método

Foram efetuadas 3 leituras em cada marco, adotando-se a média entre as leituras. A seguir, foram calculados os itens abaixo para a obtenção do valor da gravidade.

- Conversão das leituras (Instrumental - miligal);
- Determinação da Correção de Maré;
- Correção da Deriva Estática; e
- Correção da Deriva Dinâmica.

Posteriormente calcula-se a diferença de gravidade entre cada uma das estações e a primeira estação observada. Conhecendo-se o valor da gravidade em uma estação e através das diferenças de gravidade calcula-se o valor da gravidade em cada estação.

### 3.3.3. Resultados

A tabela 07 apresenta os resultados dos cálculos realizados para a obtenção dos valores da gravidade nos marcos do circuito.

**Tabela 07** – Resultados obtidos nos cálculos para a obtenção dos valores da gravidade

Estação	Leitura	Correção de maré	Leitura c. maré	Deriva estática	Leitura c. deriva est.	Deriva dinâmica	Leitura c. deriva din.	Li - L1	g
LAIG	2598,584	0,01298	2598,5969	-	2598,5969	0	2598,5969	0	<b>978.760,377</b>
CEM	2809,383	0,00832	2809,3913	-	2809,3913	0,0214	2809,3698	210,7728	978.971,150
CEM	2809,306	0,02595	2809,3319	-0,0593	2809,3913	0,0214	2809,3698	210,7728	978.971,150
CAV	2810,751	0,02056	2810,7715	-0,0593	2810,8309	0,0266	2810,8042	212,2072	978.972,584
PO84	2812,161	0,01756	2812,1785	-0,0593	2812,2379	0,0287	2812,2091	213,6121	978.973,989
PO80	2813,234	0,01130	2813,2453	-0,0593	2813,3046	0,0324	2813,2722	214,6752	978.975,052
ATM2	2813,077	0,00505	2813,0820	-0,0593	2813,1414	0,0355	2813,1058	214,5089	978.974,886
CEM	2809,338	-0,00625	2809,3317	-0,0593	2809,3911	0,0405	2809,3505	210,7535	978.971,131

<b>CEM</b>	2809,393	-0,05199	2809,3410	(-0,0593+0,0092)	2809,3911	0,0405	2809,3505	210,7535	978.971,131
<b>LAIG</b>	2598,612	0,09131	2598,7033	0,0092	2598,6940	0,0970	2598,5969	0	<b>978.760,377</b>

Onde:

Li – Leituras dos marcos, em miligal;

L1 – Leitura do 1º marco do circuito;

G – Valor da gravidade, em miligal;

## 4 Resultados Finais

Com os valores das altitudes obtidas pelo Nivelamento Geométrico de 1º Ordem e pelo Posicionamento por GPS, calculou-se a Ondulação Geoidal para a região de Pontal do Paraná. A tabela 08 apresenta a Ondulação Geoidal.

**Tabela 08** - Altitudes Ortométrica (h), Elipsoidal (H) e Ondulação Geoidal D N

Marco	h (m)	H (m)	D N (m)
<b>RN 3014K(PO80)</b>	7,9817825	5,37135	2,61043
<b>RN 3009K(PO84)</b>	7,553235	4,95945	2,59378
<b>(CAV0)</b>	7,9414025	5,34367	2,59775

Analisando a tabela 08, observa-se que a ondulação geoidal possui pouca variação entre os três marcos pertencentes aos trechos nivelados. O modelo da Terra teórica (Geóide) está distante do modelo matemático (Elipsóide) de aproximadamente 2,6 m.

Utilizando os dados da tabela 02, convertidos pelo Programa Datum para o elipsóide de referência SAD 69, e o programa MapGeo (IBGE) calculou-se a ondulação geoidal para a região, os resultados são apresentados na tabela 09.

**Tabela 09** – Ondulação Geoidal calculada pelo programa MapGeo

	D N (m)
<b>RN 3014K(PO80)</b>	± 0,95
<b>RN 3009K(PO84)</b>	± 0,99
<b>(CAV0)</b>	± 0,97

## 5 Conclusão

Analisando os resultados obtidos a partir dos 3 métodos de levantamentos empregados ( Nivelamento Geométrico de 1º Ordem, Posicionamento GPS, e Gravimetria) , conclui-se que os mesmos foram satisfatórios.

No nivelamento geométrico, o erro cometido foi inferior ao erro permitido, atendendo desta forma às prescrições para Nivelamento de 1º Ordem.

De maneira análoga, os dados processados do rastreo GPS ficaram dentro da precisão exigida, devida a análise dos valores do Ratio e dos desvios padrão obtidos.

A técnica de rastreo Estática Rápida possibilita resultados satisfatórios para bases curtas, se realizado um pré-planejamento e o rastreo apresentar mais de seis satélites.

A ondulação geoidal encontrada com o programa MapGeo difere da encontrada neste trabalho, no entanto, a mesma encontra-se dentro da tolerância de precisão especificada pelo programa, que é de aproximadamente ± 3 metros para o cálculo absoluto, isto é, com a entrada das coordenadas dos marcos.

## 6 Referências Bibliográficas

**CARVALHO, L.D.:** *Análise das técnicas GPS atuais para os posicionamentos estáticos e cinemáticos em bases curtas.* CPGCG (Dissertação de Mestrado). UFPR. Curitiba, 1999.

**GEMAEL, C.:** *Introdução à Geodésia Geométrica (2ª parte).* CPGCG. UFPR. Curitiba, 1988.

**GEMAEL, C.:** *Determinação da Gravidade.* CPGCG. UFPR. Curitiba, 1983.

**KRUEGER, C. P.:** *Posicionamento Cinemático de Trens*. CPGCG (Tese de Mestrado). UFPR. Curitiba, 1996.

**KRUEGER, C. P. & FAGGION, P. L.:** *Notas de Aula da disciplina Métodos e Medidas de Posicionamento em Geodésia*. Engenharia Cartográfica. UFPR. Curitiba, 1999.

**LACOST & ROMBERG,** *Manual do gravímetro G372*.

**SEEBER, G.:** *Satellite Geodesy: Foundations Methods and Applications*. Berlin – New York, 1993

