

ANÁLISE LOCAL DA ALTITUDE ORTOMÉTRICA OBTIDA ATRAVÉS DE POSICIONAMENTO RELATIVO E A ALTITUDE NIVELADA

Fabício Pacheco Trescastro¹
Adriane Brill Thum²

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS
Curso de Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas
Av. Unisinos, 950 – Bloco 6A - Caixa Postal 275 – 93.022-000 – Bairro Cristo Rei - São Leopoldo – RS, Brasil

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo avaliar, na cidade de Porto Alegre, a utilização de diferentes técnicas de nivelamento. Foram utilizados para fins do estudo vinte e seis pontos ocupados com receptores GNSS de dupla frequência (L1/L2) e nivelados geometricamente, os dados foram obtidos durante o ano de 2015. Os pontos foram processados considerando duas alternativas, ALTERNATIVA 1: Posicionamento Relativo utilizando como base um ponto definido através de posicionamento estático, ajustado a RBMC; ALTERNATIVA 2: Posicionamento Relativo utilizando como base a estação POAL da RBMC. Com posse da ondulação Geoidal, obtida através do MAPGEO 2010, foi definido a altitude Ortométrica dos mesmos, essa altitude foi comparada estaticamente com a altitude nivelada concluindo que quando utilizada uma estação da RBMC para o processamento dos dados os resultados são melhores, ou seja, os dados provenientes da ALTERNATIVA 2 foi o melhor resultado.

Palavras-chaves: Nivelamento, Altitude Nivelada, Altitude Ortométrica .

ABSTRACT

This study aims to evaluate, in the city of Porto Alegre, the use of different leveling techniques. We were used to study the twenty-six points purposes busy with dual frequency GNSS receivers (L1 / L2) and level geometrically, the data were obtained during the year 2015. The points were processed considering two alternatives, ALTERNATIVE 1: Relative Positioning using as a basis a point defined by static positioning, adjusted to RBMC; ALTERNATIVE 2: Relative Positioning using as a base the POAL station RBMC. With possession of the geoid undulation, obtained by MAPGEO2010, the orthometric height thereof was set, this elevation was compared

¹ Engenheiro Civil. E-mail: trescastro.eng@gmail.com

² Docente permanente da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. E-mail:adrianebt@unisinos.br

statistically to the level elevation concluded that when using a RBMC station to the data processing results are better, ie data from ALTERNATIVE 2 was the best result.

Keywords: Evening, Leveled Altitude, Altitude orthometric.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica é um fator muito importante na vida dos seres humanos, assim pode se estudar melhor o meio em que vive se avançando em novas descobertas. A geotecnologia contribui no estudo da Terra e essa nova técnica ainda precisa ser muito explorada.

Para a execução de obras, projetos e estudos de barragens, rios, portos, redes de água, redes de esgoto, etc., é necessário conhecer a topologia do terreno, suas curvas de nível e respectivas altitudes que tem uma referência altimétrica. A referência altimétrica utilizada pelo SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) leva em consideração o nível médio dos mares, o marégrafo utilizado para medir este nível está situado na cidade de Imbituba no Estado de Santa Catarina.

As metodologias no campo da topografia convencional difundiram ao passar dos anos técnicas para transportar cotas. Apesar da técnica de nivelamento geométrico ser a mais utilizada é também a mais morosa, para isso estudos que possam evoluir técnicas de nivelamento através de informações espaciais georreferenciadas precisam ter maior atenção.

Os receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) fornecem a

altitude geométrica que é referente ao elipsoide, para a obtenção da altitude Ortométrica (possui significado físico) é necessário conhecer o modelo Geoidal e a diferença, em um dado ponto, do geoide para o elipsoide, essa diferença é chamada de ondulação Geoidal.

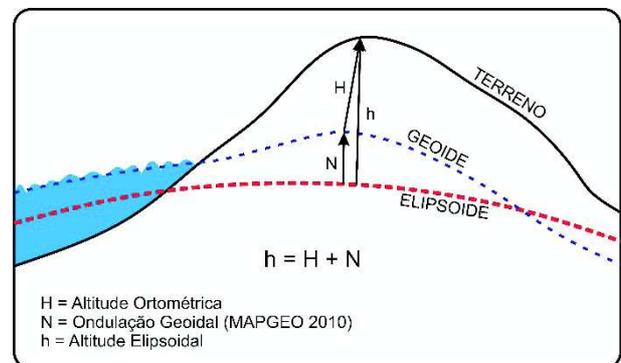


Figura 1 - Relação entre altura Elipsoidal e altitude Ortométrica. Adaptada do livro de SILVA (2015).

Com a topografia convencional o transporte de cotas é regido por normas consagradas de nivelamento geométrico, já com um uso de receptores GNSS o fator intrínseco para a obtenção de um bom resultado é a necessidade de um modelo Geoidal melhor calibrado.

O geoide gravimétrico é obtido através de levantamentos realizados com equipamentos que fornecem o potencial gravimétrico em um dado ponto e softwares para geração do modelo digital. Por um lado, temos técnicas centenárias de topografia convencional, por outro lado uma tecnologia

em constante evolução que considera informações espaciais, logo, verifica-se a suma importância o estudo e validação de dados obtidos através das diversas técnicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se um referencial teórico baseado na temática central e os principais assuntos relacionados como complemento de pesquisa.

Conforme CASACA (2013) a superfície do geóide apresenta ondulações irregularmente atribuídas, no exterior das massas terrestres, e é difícil definir o seu prolongamento para o interior das referidas massas. Em Geodésia, com o objetivo de aprimorar o geóide por uma superfície esferoidal mais regular é utilizado o chamado potencial gravítico normal que resulta da substituição do potencial gravitacional terrestre pelo potencial gravitacional normal. O potencial gravítico num ponto P é a soma dos vários potenciais dos quais os mais significativos e com menores variações temporais são o potencial gravitacional terrestre e o potencial centrífugo.

O modelo de ondulação Geoidal, MAPGEO 2010, segundo o IBGE (2015), foi avaliado utilizando-se as alturas geoidais obtidas pela diferença entre as altitudes Ortométricas oriundas do nivelamento geométrico de referências de nível (RRNN) em conexão com pontos cujas altitudes elipsoidais foram obtidas por técnica GNSS.

Tais pontos foram selecionados através de criterioso estudo realizado na Rede Altimétrica Brasileira, identificando-se as conexões pertencentes a linhas de nivelamento fechadas e, conseqüente, valores de altitudes ajustados.

A definição, implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é de responsabilidade do IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Para a determinação das ondulações do geóide são utilizados métodos gravimétricos que usam uma abordagem física, baseada na gravidade. Os métodos gravimétricos baseiam-se na comparação da gravidade, medida na superfície da Terra (nos continentes ou nos oceanos), com a gravidade normal correspondente, CASACA (2013).

De acordo com o IBGE (2015) a altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar (ou, de forma mais rigorosa, ao geóide), mas a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Portanto, torna-se necessário conhecer a diferença entre as superfícies do geóide e do elipsoide, isto é, a altura (ou ondulação) Geoidal, para que se possa obter a altitude acima do nível médio do mar (denominada Ortométrica). Essa diferença entre as superfícies chamada de ondulação Geoidal é obtida através do modelo Geoidal, MAPGEO, desenvolvido pelo IBGE.

A distância contada desde a superfície do geóide até o ponto na superfície física da Terra ao longo da linha vertical é definida

como altitude Ortométrica (H) do ponto (FREITAS E BLITZKOW, 1999).

Para SILVA (2015) a determinação da posição geográfica de um ponto, a partir da recepção de sinais emitidos por satélites artificiais, é realizada aplicando-se o princípio da trilateração espacial, tomando as coordenadas dos satélites como ponto de referência. O sistema de posicionamento por meio de sinais emitidos por constelações de satélites artificiais que hoje recebe o nome de Global Navigation Satellite System – GNSS é composto atualmente por quatro sistemas individuais, que são: o GPS, o GLONASS, o GALILEO e o BEIDU. O sistema GNSS é um sistema de posicionamento global que possibilita ao usuário determinar sua posição tridimensional em qualquer lugar da Terra ou em suas proximidades, em relação a um sistema de coordenadas predefinido.

Conforme MONICO (2000) o referencial horizontal do SGB é definido sob a condição de paralelismo entre o seu sistema de coordenadas cartesianas e o do CTRS (Conventional Terrestrial Reference System – Sistema de Referência Terrestre Convencional). A figura geométrica da Terra é definida pelo elipsoide de Referência 1967. Nessa definição fica implícito que o semi-eixo menor do elipsoide é paralelo ao plano meridiano de Greenwich, tal como definido pelo BIH (Bureau International de L'Heure).

Dá-se o nome de posicionamento relativo ao posicionamento GNSS em que são

utilizados dois ou mais receptores rastreando os mesmos satélites em um determinado tempo. O princípio do método consiste em utilizar um ponto de coordenadas conhecidas, sobre o qual é instalado o conjunto antena/receptor, denominados de receptor base (referência) e proceder à determinação das coordenadas dos pontos remotos, a partir da instalação de outro conjunto antena/receptor sobre eles, SILVA (2015).

Será denominada altitude nivelada aquela resultante da operação de nivelamento geométrico (FREITAS E BLITZKOW, 1999).

De acordo com a NBR 13133 (ABNT, 1994) nivelamento geométrico (ou nivelamento direto) é o nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

Segundo o estudo realizado por ARANA (2014), sobre a associação GNSS/Nivelamento ao MAPGEO2010 na determinação da ondulação Geoidal, na região de Maringá e Presidente Prudente, foram encontradas dispersões de 11,0 cm e de 17,6 cm, conseqüentemente.

3. ÁREA DE ESTUDO

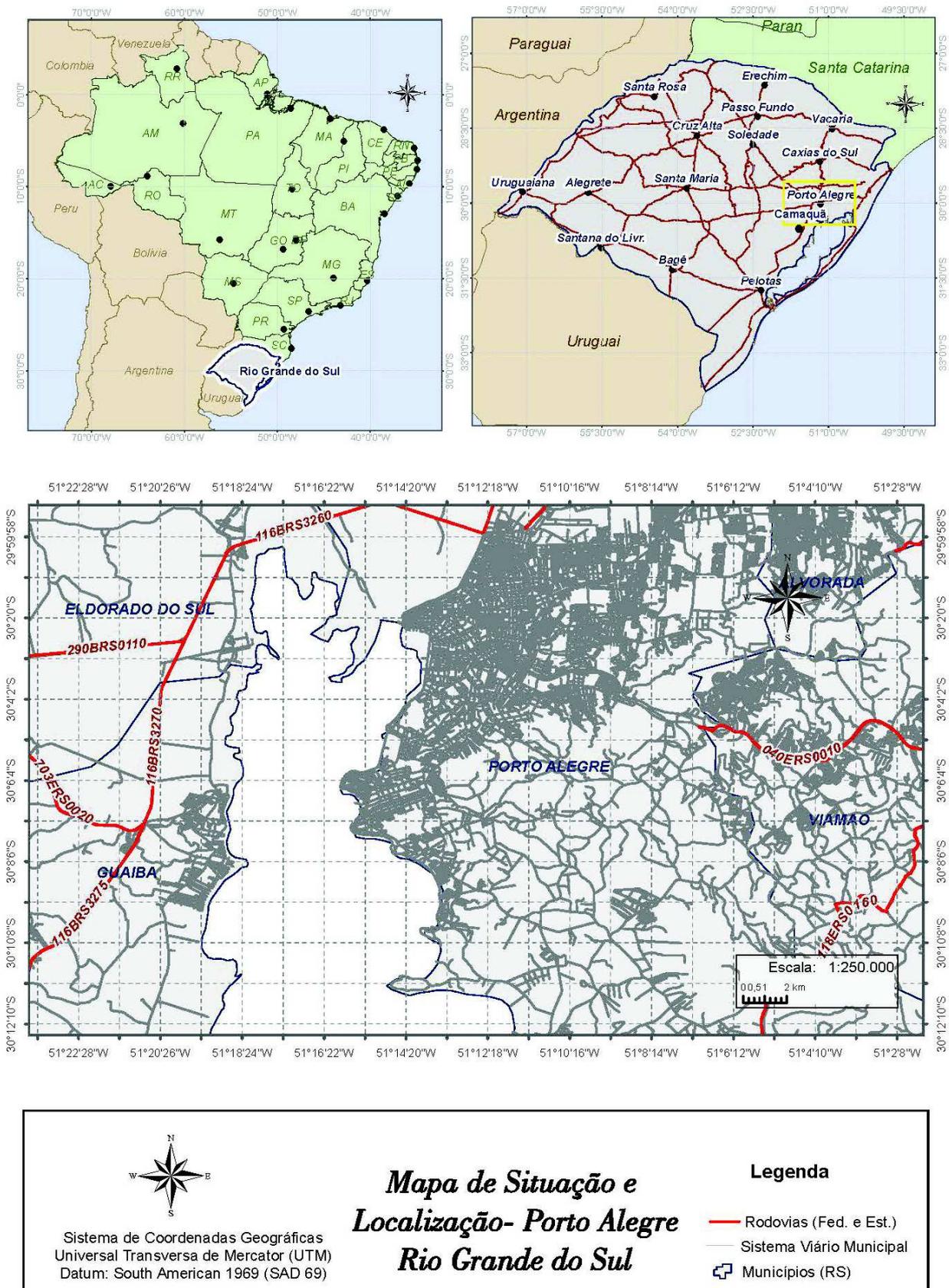


Figura 2 - Mapa de Localização e Situação da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa foi traçado um plano de coleta dos pontos conforme a Figura 3.



Figura 3 - Organograma da Pesquisa

Foram utilizados dados de receptores GNSS de dupla frequência, L1/L2, da marca South S86S, em 26 pontos espalhados na cidade de Porto Alegre, esses pontos foram ocupados em modo relativo. Todos os pontos tiveram um intervalo de ocupação com variação de 15 a 30 minutos, esse valor foi atribuído considerando a variação da distância das linhas base, menor que 20 km.

O posicionamento relativo foi realizado com receptores GNSS de dupla frequência, os equipamentos foram instalados sobre um bastão metálico de altura variável e fixados com ajuda de um bi-pé metálico com nível bolha. Após a coleta dos dados de campo os equipamentos foram descarregados no escritório em microcomputadores com o auxílio de cabos USB (Universal Serial Bus). Com os arquivos brutos descarregados os mesmos foram transformados para o formato RINEX e então processados no software

Ashtech Solutions, essa transformação foi necessária, pois os equipamentos salvam os arquivos com um formato que varia de acordo com a marca do mesmo. Os pontos foram processados utilizando como base arquivos provenientes de um segundo receptor GNSS de dupla frequência, instalado simultaneamente em uma base conhecida, ver monografia da base em Anexo 1. Também foram utilizados arquivos provenientes da estação POAL da RBMC, ver monografia da estação POAL em Anexo 2.

Após o processamento dos pontos dos mesmos foram definidas as altitudes Elipsoidal. Com as coordenadas geodésicas definidas (ver Anexo 3) foi utilizado o software ProGrid (IBGE) para a conversão de coordenadas, logo após a conversão de UTM Norte e Este para Latitude e Longitude utilizou-se o software MAPGEO2010 para obtenção da ondulação Geoidal de cada ponto.

Os pontos foram também nivelados geometricamente conforme a NBR 13133 (ABNT, 1994) a partir de RRNN consagradas e homologadas pela prefeitura de Porto Alegre. Essas RRNN tem como referência o marégrafo de Imbituba, conforme o SGB.

O nivelamento foi realizado com a utilização de um nível ótico e régua, foram coletadas as informações obtidas através da leitura da régua de ré e vante, posteriormente calculadas as planilhas de campo e então aplicadas as tolerâncias para nivelamento

geométrico conforme a ABNT 13133 (NBR, 1994) e então obtidas as altitudes niveladas.

De posse das informações da altitude Elipsoidal e altitude nivelada, esses valores foram compilados em planilha excel para a avaliação do comportamento da variação da altitude Ortométrica e a altitude nivelada.

Para a obtenção da altura Elipsoidal foram considerados duas alternativas:

ALTERNATIVA 1: Posicionamento Relativo utilizando como base um ponto definido através de posicionamento estático, ajustado a RBMC.

ALTERNATIVA 2: Posicionamento Relativo utilizando como base a estação POAL da RBMC.

Em ambas alternativas foram calculadas as altitudes Ortométrica através da obtenção da ondulação Geoidal proveniente do software MAPGEO 2010.

Conforme orientação do IBGE para converter a altitude Elipsoidal (h), obtida através de receptores GNSS, em altitude Ortométrica (H), é necessário utilizar o valor da altura Geoidal (N) fornecida por um modelo de ondulação Geoidal, utilizando a seguinte expressão:

$$H = h - N$$

Equação 1

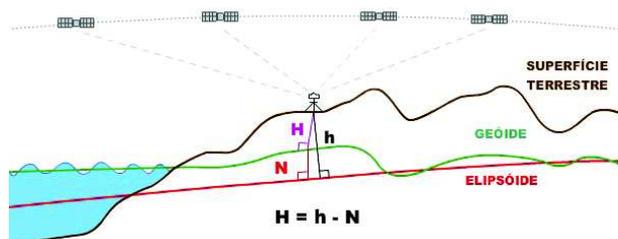


Figura 4 - Fonte: IBGE (2016)

A altitude nivelada de cada ponto foi obtida através do nivelamento geométrico que partiu de um Referência de Nível implantada pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre em diversos pontos da cidade, a escolha da RN foi pela proximidade do ponto ocupado.

Com os valores das altitudes Ortométricas e nivelada dos pontos foi possível analisar estatisticamente o comportamento da variação altimétrica nos diferentes métodos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado obtido das altitudes Ortométricas e nivelada estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Altitude Ortométrica e Nivelada dos Pontos

Ident. do Ponto	Alternativa 1	Alternativa 2	Nivelamento
	Altitude Ortométrica	Altitude Ortométrica	Altitude Nivelada
P01	8,204	8,163	7,676
P02	28,008	28,076	27,54
P03	39,97	39,945	39,435
P04	19,855	19,83	19,272
P05	19,375	21,364	20,826
P06	6,328	6,494	5,737
P07	6,403	6,484	5,71
P08	26,22	26,542	25,511
P09	29,828	29,808	29,285
P10	10,084	10,122	9,328
P11	9,641	9,669	8,926
P12	18,033	18,083	17,32
P13	17,738	17,764	17,02
P14	17,651	17,53	17,077
P15	16,117	16,015	15,559
P16	16,77	16,665	16,272
P17	17,812	17,761	17,316
P18	17,389	17,365	16,809

Ident. do Ponto	Alternativa 1	Alternativa 2	Nivelamento
	Altitude Ortométrica	Altitude Ortométrica	Altitude Nivelada
P19	23,106	23,046	22,517
P20	26,368	26,235	25,772
P21	19,482	19,338	19,876
P22	20,468	20,373	18,896
P23	58,92	58,778	58,461
P24	58,176	58,018	57,724
P25	78,675	78,542	78,018
P26	81,052	81,052	80,423

Para melhor análise dos resultados obtidos foi necessário aplicar uma análise estatística das amostras para verificar a variação da diferença altimétrica entre a aplicação das diferentes técnicas.

Para o cálculo do desvio padrão foi utilizada a Equação 2.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

X = Diferença entre a altitude nivelada e a Ortométrica

\bar{X} = Média aritmética de X

N = Número de amostras

S = Desvio Padrão (amostra)

De acordo com MONTGOMERY (2013) a letra S é o símbolo estatístico para desvio-padrão, que é uma medida de variabilidade de um processo, ele mostra o quanto de variação ou "dispersão" existe em relação à média (ou valor esperado).

Os resultados encontrados para o desvio padrão das amostras estão descritos na Tabela 2.

	Alternativa 1	Alternativa 2
\bar{X}	0,6560	0,6089
N	26	26
S	0,2694	0,2423

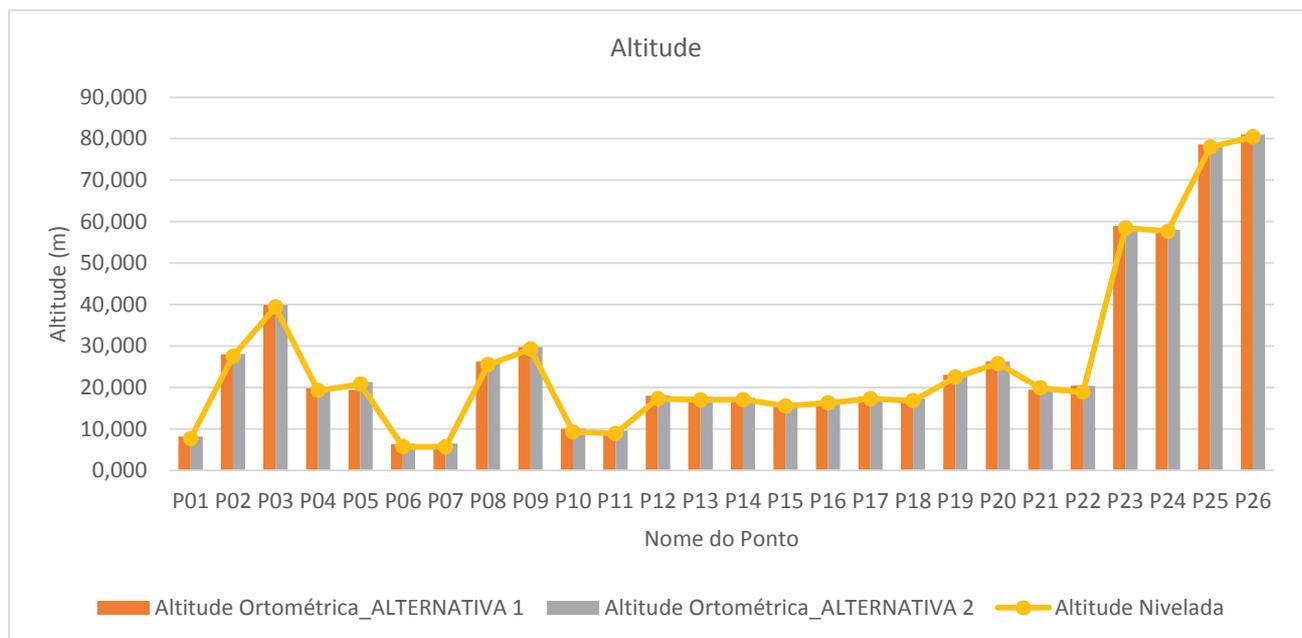


Figura 5 - Variação das altitudes Ortométricas em relação a altitude Nivelada

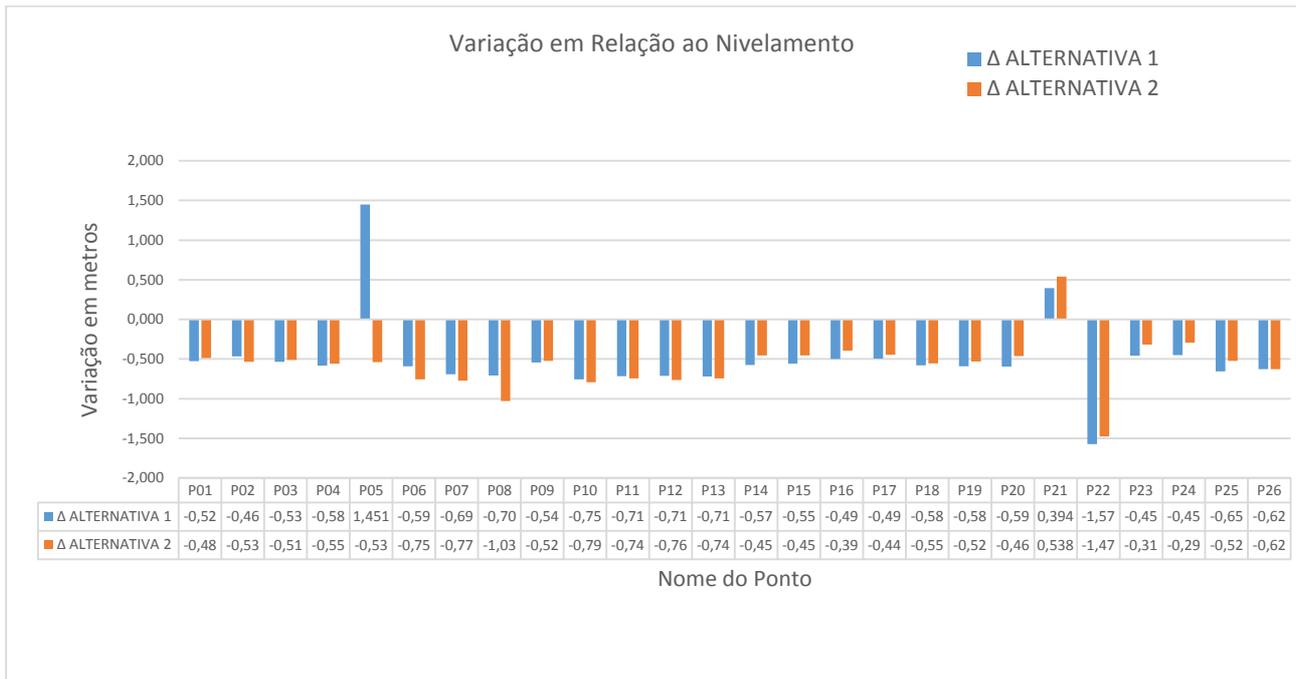


Figura 6 - Variação das altitudes Ortométricas em relação a altitude Nivelada

Conforme a Figura 5 é possível observar que a variação das altitudes é pequena, a Tabela 2 reitera essa afirmação comprovando estatisticamente.

A Figura 6 ilustra a variação das altitudes Ortométricas em relação a altitudes nivelada dos pontos.

As informações referentes ao erro padrão encontrado no processamento dos dados, assim como o comprimento do vetor projetado entre o ponto levantado e sua respectiva base encontram-se no Anexo 3 deste trabalho.

Esse estudo comparativo pode alertar aos profissionais da área quanto ao uso das diferentes técnicas. Vale ressaltar que as bases teóricas apontam a utilização de dados gravimétricos para a obtenção de dados altimétricos, ainda que o modelo Geoidal

fornecido pelo IBGE utilize gravimetria há alguns ajustes a serem realizados.

Na execução de obras de engenharia é recomendado a utilização de metodologias de nivelamento geométrico, essa afirmação dá-se pela referência altimétrica utilizada pelo SGB e também para garantir a concordância com demais obras que normalmente estão referenciadas a esse sistema.

6. CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados do presente trabalho pode-se observar a variação entre a altitude nivelada e a altitude ortométrica, onde a Alternativa 2 mostrou-se mais precisa com uma média de variação e desvio padrão menor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 13133/94, Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994. 35 p.

ARANA, Daniel – Associação GNSS/Nivelamento ao MAPGEO2010 na Determinação da Ondulação Geoidal. V Simpósio Brasileiro de Ciência Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Novembro de 2014.

CASACA, João Martins – Topografia Geral. 4.ed. João Martins Casaca, João Luís de Matos, José Miguel Baio Dias; Tradução Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva, Douglas Corbari Corrêa. – [Reimpr.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2013. 208 p.

FREITAS, S.R.C.; BLITZKOW, D. Altitudes e geopotencial. IGES Bulletin – Special Issue for South America, n. 9, 1999, p. 47-62.

IBGE (Fundação Instituto de Geografia e Estatística) – 2015 – Informações obtidas na página mantida pelo IBGE na internet: <https://www.ibge.gov.br>

MONICO, João Francisco Galera – Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição – fundamentos e aplicações / João Francisco Galera Monico. – São Paulo: Editora UNESP, 2000. 289 p.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros.

Tradutora Verônica Calado. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003. 463 p.

SILVA, I.; SEGANTINI, P. C. L.. Topografia para Engenharia - Teoria e Prática de Geomática. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2015. v. 1. 412p.

ANEXOS

ANEXO 1 – Monografia do Ponto Base.



IDENTIFICAÇÃO DO PONTO

Nome: **Base Encop**
Tipo: **Pino**
Local: **Sede da Encop**
Endereço: **Av. Cel. Aparício Borges, 965**

COORDENADAS GEODÉSICAS			
S	Latitude:	30° 04' 24,4264" S	
I	Longitude:	51° 11' 54,4291" O	
R	Altitude elipsoidal (m):	60,994	σ (m): 0,003
PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS			
A TM-POA* (Projeção oficial para Porto Alegre)			
S	N (m):	1671744,285	σ (m): 0,002
2	E (m):	280866,246	σ (m): 0,002
0 UTM (zona 22 J)			
0	N (m):	6673058,953	σ (m): 0,002
0	E (m):	480873,804	σ (m): 0,002
DADOS ALTIMÉTRICOS			
	Altitude ortométrica (m) ¹ :	55,984	
	Ondulação geoidal (m):	5,01	
	¹ Altitude ortométrica calculada via MAPGEO2010		



OBSERVAÇÕES	
Última visita:	30/01/2015
Coleta de dados:	29/01/2015 e 30/01/2015
Pontos intervisíveis:	-
Estado:	Bom
Descrição:	Pino instalado sobre o telhado

*Projeção TM-POA - Transversa de Mercator para Porto Alegre - RS com os seguintes parâmetros: $\phi_0 = 0^\circ$ | $\lambda_0 = 51^\circ$ | $N_0 = 5.000.000$ | $E_0 = 300.000$ | $K_0 = 0,999995$

ANEXO 2 – Monografia da estação POAL, RBMC.



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS

Relatório de Informação de Estação

POAL - Porto Alegre

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC

Data: 04/01/1999

Atualização: 23/10/2014 - Troca de equipamento

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: PORTO ALEGRE

Ident. da Estação: POAL

Inscrição no Monumento: Não há inscrição

Código Internacional: 91850

Informações Adicionais: Esta estação pertence à Rede de Densificação do IGS e à Rede de Referência do SIRGAS

2. Informação sobre a localização

Cidade: Porto Alegre

Estado: Rio Grande do Sul

Informações Adicionais: Estrutura de ferro, parafusada na parede de proteção da laje do prédio. Foi instalado um dispositivo de centragem forçada do tipo padrão do IBGE. Possui uma chapa, estampada: SAT 91850. Na viga de concreto, no alto do prédio do Departamento de Geodésia, no campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, situado na Av. Bento Gonçalves, 9500, em Porto Alegre.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 30° 04' 26,5528"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 51° 07' 11,1532"	Sigma:	0,002 m
Alt. Elip.:	76,745 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	3.467.518,403 m	Sigma:	0,001 m
Y:	-4.300.378,534 m	Sigma:	0,001 m
Z:	-3.177.517,731 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	6.873.004,053 m		
UTM (E):	488.457,545 m		
MC:	-51		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
Número de Série - 4923K35528
Versão do Firmware - 4.85 (Principal)
Atualização do Firmware - 05/05/2014 às 20:47 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
Número de Série - 4923K35528
Versão do Firmware - 4.70 (Principal)
Data de Instalação - 14/05/2013 às 15:02 UTC

4.1.3 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETRS
Número de Série - 4844124542
Versão do Firmware - 1.2-0 (Principal)
Data de Instalação - 26/03/2008 às 00:00 UTC

ANEXO 3 – Tabela com informações gerais dos pontos ocupados

Identificação do Ponto	Data do Levantamento	ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2				Ondulação Geoidal MAPGEO 2010 (m)	Nivelamento	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
		Ponto/ Base				Ponto/ POAL						Variação das Altitudes	Variação das Altitudes
		Altura Elipsoidal	Erro Padrão	Vetor (m)	Altitude Ortométrica (m)	Altura Elipsoidal	Erro Padrão	Vetor (m)	Altitude Ortométrica (m)		Altitude Nivelada	(Ortom. - Niv.)	(Ortom. - Niv.)
P01	03/08/2015	12,944	0,017	10691,862	8,204	12,903	0,013	8202,924	8,163	4,740	7,676	0,528	0,487
P02	03/08/2015	32,758	0,016	9200,098	28,008	32,826	0,016	8075,338	28,076	4,750	27,540	0,468	0,536
P03	03/08/2015	44,730	0,011	7600,688	39,970	44,705	0,013	6676,301	39,945	4,760	39,435	0,535	0,510
P04	03/08/2015	24,615	0,015	8946,282	19,855	24,590	0,017	8934,662	19,830	4,760	19,272	0,583	0,558
P05	03/08/2015	24,145	0,012	7321,258	19,375	26,134	0,014	8085,723	21,364	4,770	20,826	1,451	0,538
P06	11/11/2015	11,278	0,025	12404,751	6,328	11,444	0,023	14414,856	6,494	4,950	5,737	0,591	0,757
P07	11/11/2015	11,353	0,020	12405,592	6,403	11,434	0,024	14435,160	6,484	4,950	5,710	0,693	0,774
P08	11/11/2015	31,140	0,012	6206,024	26,220	31,462	0,021	13092,074	26,542	4,920	25,511	0,709	1,031
P09	02/07/2015	34,698	0,006	3086,390	29,828	34,678	0,017	10284,656	29,808	4,870	29,285	0,543	0,523
P10	02/07/2015	14,974	0,010	4988,792	10,084	15,012	0,023	12060,667	10,122	4,890	9,328	0,756	0,794
P11	02/07/2015	14,531	0,007	5011,555	9,641	14,559	0,019	12084,417	9,669	4,890	8,926	0,715	0,743
P12	02/07/2015	22,943	0,011	6304,564	18,033	22,993	0,023	13062,099	18,083	4,910	17,320	0,713	0,763
P13	02/07/2015	22,648	0,011	6311,471	17,738	22,674	0,022	13060,318	17,764	4,910	17,020	0,718	0,744
P14	02/07/2015	22,401	0,016	8988,637	17,651	22,280	0,015	7215,685	17,530	4,750	17,077	0,574	0,453
P15	02/07/2015	20,867	0,015	8974,062	16,117	20,765	0,014	7240,909	16,015	4,750	15,559	0,558	0,456
P16	13/05/2016	21,590	0,004	1835,666	16,770	21,485	0,012	7184,367	16,665	4,820	16,272	0,498	0,393
P17	13/05/2016	22,632	0,006	1830,303	17,812	22,581	0,014	7234,046	17,761	4,820	17,316	0,496	0,445
P18	13/05/2016	22,199	0,006	2833,664	17,389	22,175	0,014	6862,107	17,365	4,810	16,809	0,580	0,556
P19	13/05/2016	27,906	0,007	3425,916	23,106	27,846	0,016	6620,748	23,046	4,800	22,517	0,589	0,529
P20	13/05/2016	31,168	0,006	3460,977	26,368	31,035	0,013	6644,728	26,235	4,800	25,772	0,596	0,463
P21	13/05/2016	24,292	0,007	2991,002	19,482	24,148	0,016	6760,982	19,338	4,810	19,876	0,394	0,538
P22	13/05/2016	25,268	0,007	3094,155	20,468	25,173	0,014	6726,819	20,373	4,800	18,896	1,572	1,477
P23	13/05/2016	63,650	0,018	9994,326	58,920	63,508	0,013	5381,170	58,778	4,730	58,461	0,459	0,317

Identificação do Ponto	Data do Levantamento	ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2				Ondulação Geoidal MAPGEO 2010 (m)	Nivelamento	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
		Ponto/ Base				Ponto/ POAL						Varição das Altitudes	Varição das Altitudes
		Altura Elipsoidal	Erro Padrão	Vetor (m)	Altitude Ortométrica (m)	Altura Elipsoidal	Erro Padrão	Vetor (m)	Altitude Ortométrica (m)		Altitude Nivelada	(Ortom. - Niv.)	(Ortom. - Niv.)
P24	13/05/2016	62,906	0,017	9977,705	58,176	62,748	0,014	5352,998	58,018	4,730	57,724	0,452	0,294
P25	13/05/2016	83,415	0,015	9228,369	78,675	83,282	0,009	4054,300	78,542	4,740	78,018	0,657	0,524
P26	13/05/2016	85,792	0,016	9205,492	81,052	85,792	1,172	4019,659	81,052	4,740	80,423	0,629	0,629

ANEXO 4 – Tabela com informações sobre o Nivelamento Geométrico

Identificação do Ponto	Norte	Este	RN		NIVELAMENTO GEOMÉTRICO				
			Identificação	Cota (m)	Altitude Nivelada (m)		Extensão	Δh	Classe
					Nivelamento	Contra Nivelamento			
P01	6681178,886	487822,822	052	9,185	7,676	9,172	1243	0,013	Primeira Ordem
P02	6680693,235	486001,262	331	12,865	27,540	12,885	3122	-0,020	Primeira Ordem
P03	6679024,613	485578,490	204	29,494	39,435	29,512	2841	-0,018	Primeira Ordem
P04	6681123,595	484738,032	410	8,361	19,272	8,337	2034	0,024	Segunda Ordem
P05	6679704,750	483938,156	156	12,909	20,826	12,903	521	0,006	Primeira Ordem
P06	6660660,192	481024,789	083	5,043	5,737	5,062	987	-0,019	Segunda Ordem
P07	6660658,958	480987,608	083	5,043	5,710	5,062	987	-0,019	Segunda Ordem
P08	6669371,539	475885,226	48137	19,007	25,511	19,025	673	-0,018	Segunda Ordem
P09	6671338,670	478312,962	634	47,407	29,285	47,411	602	-0,004	Primeira Ordem
P10	6670325,368	476703,306	GF82	56,470	9,328	56,480	764	-0,010	Segunda Ordem
P11	6670318,697	476680,480	GF82	56,470	8,926	56,480	764	-0,010	Segunda Ordem
P12	6669045,066	476015,575	48137	19,007	17,320	19,018	582	-0,011	Segunda Ordem
P13	6669023,839	476024,210	48137	19,007	17,020	19,018	582	-0,011	Segunda Ordem
P14	6679975,644	486608,638	38807	17,880	17,077	17,880	142	0,000	Alta Precisão
P15	6679990,723	486567,493	38807	17,880	15,559	17,880	142	0,000	Alta Precisão
P16	6674783,208	481500,181	623	27,263	16,272	27,280	721	-0,017	Segunda Ordem
P17	6674794,403	481451,782	623	27,263	17,316	27,280	721	-0,017	Segunda Ordem
P18	6675606,543	482111,331	451	20,241	16,809	20,260	873	-0,019	Segunda Ordem
P19	6676032,011	482573,006	GF99	17,177	22,517	17,179	115	-0,002	Primeira Ordem
P20	6676075,011	482568,257	GF99	17,177	25,772	17,179	115	-0,002	Primeira Ordem
P21	6675706,062	482263,174	451	20,241	19,876	20,255	904	-0,014	Segunda Ordem
P22	6675784,469	482335,434	451	20,241	18,896	20,255	904	-0,014	Segunda Ordem
P23	6678303,912	489376,486	802	51,211	58,461	51,220	223	-0,009	Segunda Ordem
P24	6678275,711	489374,328	802	51,211	57,724	51,220	223	-0,009	Segunda Ordem
P25	6676983,989	489221,656	262	84,993	78,018	84,996	106	-0,003	Primeira Ordem
P26	6676950,589	489212,051	262	84,993	80,423	84,996	106	-0,003	Primeira Ordem

ANEXO 5 – Tabela de Coordenadas UTM SIRGAS 2000

Identificação do Ponto	Data do Levantamento	AJUSTADO			
		Ponto / Base/ POAL			
		Norte	Erro Padrão	Este	Erro Padrão
P01	03/08/2015	6681178,886	0,011	487822,822	0,009
P02	03/08/2015	6680693,235	0,009	486001,262	0,009
P03	03/08/2015	6679024,613	0,007	485578,490	0,008
P04	03/08/2015	6681123,595	0,010	484738,032	0,010
P05	03/08/2015	6679704,750	0,013	483938,156	0,007
P06	11/11/2015	6660660,192	0,009	481024,789	0,011
P07	11/11/2015	6660658,958	0,009	480987,608	0,009
P08	11/11/2015	6669371,539	0,010	475885,226	0,007
P09	02/07/2015	6671338,670	0,038	478312,962	0,038
P10	02/07/2015	6670325,368	0,049	476703,306	0,041
P11	02/07/2015	6670318,697	0,056	476680,480	0,048
P12	02/07/2015	6669045,066	0,040	476015,575	0,041
P13	02/07/2015	6669023,839	0,048	476024,210	0,045
P14	02/07/2015	6679975,644	0,055	486608,638	0,046
P15	02/07/2015	6679990,723	0,054	486567,493	0,044
P16	13/05/2016	6674783,208	0,006	481500,181	0,005
P17	13/05/2016	6674794,403	0,008	481451,782	0,009
P18	13/05/2016	6675606,543	0,007	482111,331	0,007
P19	13/05/2016	6676032,011	0,008	482573,006	0,007
P20	13/05/2016	6676075,011	0,009	482568,257	0,008
P21	13/05/2016	6675706,062	0,009	482263,174	0,008
P22	13/05/2016	6675784,469	0,012	482335,434	0,011
P23	13/05/2016	6678303,912	0,014	489376,486	0,013
P24	13/05/2016	6678275,711	0,019	489374,328	0,017
P25	13/05/2016	6676983,989	0,014	489221,656	0,013
P26	13/05/2016	6676950,589	0,021	489212,051	0,021