

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

RAFAELA VALADARES RIBEIRO

**SISTEMATIZAÇÃO DA REDE DE REFERÊNCIA GEODÉSICA DO CAMPUS DE
ITAQUI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**Itaqui
2020**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

R484 Ribeiro, Rafaela Valadares

Sistematização da rede de referência geodésica do campus de Itaqui da Universidade Federal do Pampa/ Rafaela Valadares Ribeiro
48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA, 2020.

"Orientação: Marcelo Jorge de Oliveira".

1. Redes geodésicas. 2. Posicionamento GNSS. 3. Sistema Geodésico Brasileiro. I. Título

RAFAELA VALADARES RIBEIRO

SISTEMATIZAÇÃO DA REDE DE REFERÊNCIA GEODÉSICA DO CAMPUS DE
ITAQUI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Cartográfica e de
Agrimensura da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica
e de Agrimensura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: dia, mês e ano.

Banca examinadora:



Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira
Orientador
UNIPAMPA – Itaqui/RS



Prof. Me. Leonard Niero da Silveira
Coorientador
UNIPAMPA – Itaqui/RS



Prof. Me. Robert Martins da Silva
UNIPAMPA – Itaqui/RS

Dedico este trabalho aos meus pais Adolfo e Cacilda e ao meu irmão Rodrigo. Por serem os responsáveis pela minha formação pessoal e meus maiores exemplos de determinação e força.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu bom Deus que sempre me guia, me guarda e me protege; pelo dom da vida, por abençoar sempre meu caminho e por me proporcionar discernimento nas minhas escolhas.

Agradeço a minha família, que é minha base. À minha mãe Cacilda, ao meu pai Adolfo e ao meu irmão Rodrigo, por serem meu amparo; por sempre estarem ao meu lado nas minhas decisões. Vocês nunca mediram esforços para realizar meus sonhos e sempre serão minhas inspirações para continuar buscando ser uma pessoa melhor. Obrigada! Vocês são minha vida.

Ao Edilson, pela paciência e dedicação a mim. Obrigada pelo companheirismo naqueles dias mais quentes em Itaqui, para realização em campo deste trabalho. Teu amor e companheirismo foram essenciais nessa jornada! Amo muito você!

Ao meu orientador professor Marcelo Jorge, que me passou seu conhecimento, pela contribuição a este trabalho e se mostrou disponível quando precisei.

Ao meu coorientador professor Leonard, pela sugestão do tema, por acompanhar presencialmente a realização deste trabalho agregando muito valor e sem medir esforços. Obrigada pela atenção, paciência e pelo valioso ensinamento durante a formação acadêmica.

Às minhas amigas Mariana Segabinazzi, Letícia Nunes, Marcela Trachta, Taíse Sales, Vanelly Erica e Carla Caroline, por terem caminhado comigo ao longo dessa trajetória e pela disponibilidade em me ajudar. Ao Samuel Tarso, por ter um grande coração e pela importância no processo de produção deste trabalho. Vocês são muito especiais!

Ao colega Luís David, pela participação do trabalho em campo.

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

Filipenses 4.13

RESUMO

As redes geodésicas, além de possibilitar a realização das atividades topográficas, geodésicas, e projetos científicos com mais confiabilidade e precisão, permitem a qualquer utilizador a obtenção das coordenadas precisas de um ponto no terreno, aumentando a sua produtividade, facilitando e padronizando os levantamentos e trabalhos em campo. Diante deste exposto, esta pesquisa desenvolveu a sistematização da rede de referência geodésica do campus de Itaqui da Universidade Federal do Pampa. O presente projeto efetuou o transporte de coordenadas, tanto horizontais quanto verticais, por meio do rastreamento e processamento GNSS. Utilizou-se como ponto de controle o marco físico SAT91989. Após o rastreamento, as coordenadas obtidas foram transportadas aos demais 11 vértices, pelo método relativo estático, em forma de cadeia com tempo de ocupação não inferior a duas horas. Para o processamento dos dados usou-se o software TopconTolls. Para obter as altitudes foram realizados dois circuitos distintos de nivelamento geométrico partindo das RN1931B e RN1923T até o marco na entrada da UNIPAMPA. Na área da Unipampa, executou-se o nivelamento em forma de cadeia, de vértice a vértice. Gerou-se um Plano Topográfico Local (PTL) utilizando o VT06 como vértice central. Os circuitos de nivelamento foram classificados como IN, pois o menor erro de fechamento foi de -1,00 mm e o maior, de 3,00 mm, valores permitidos para essa classe de acordo com a NBR 13.133. Também foram calculados os desvios-padrão das coordenadas dos vértices e dentre os 11 (onze) vértices rastreados pelo GNSS, a pior precisão posicional foi de 0,013 m para o vértice VT10 enquanto a melhor precisão foi de 0,009 m para o VT07. Com os valores encontrados, foram confeccionadas as monografias individuais dos vértices, para serem disponibilizados os dados ao público, contribuindo desta maneira para o adensamento das atividades a serem realizadas.

Palavras-Chave: Redes Geodésicas. Posicionamento GNSS. Sistema Geodésico Brasileiro.

ABSTRACT

Geodetic networks, in addition to making topographic and geodetic activities and scientific projects more reliable and accurate, allow any user to obtain the precise coordinates of a point on the ground, increasing their productivity, facilitating and standardizing surveys and works in the field. Given this, this research developed the systematization of the geodesic reference network of the Itaqui campus of the Federal University of Pampa. This project carried out the transport of coordinates, both horizontal and vertical, through *GNSS* tracking and processing. We chose to use the SAT91989 physical landmark as a control point. After the screening, the obtained coordinates were transported to the other 11 vertices, also by the relative static method, in the form of a chain with an occupation time of not less than two hours, for the data processing the TopconTolls software was used. To obtain the altitudes, two distinct geometrical leveling circuits were carried out, starting from the RN1931B and RN1923T to the landmark at the entrance of UNIPAMPA. In the Unipampa area, leveling was carried out in the form of a chain, from vertex to vertex. A Local Topographic Plan (PTL) was generated using VT06 as the central vertex. The leveling circuits were classified as IN, since the closing error was less than -1.00 mm and the greater than 3.00 mm values allowed for this class according to NBR 13.133. The standard deviation of the coordinates of the vertices was also calculated and among the 11 (eleven) vertices tracked by the *GNSS*, the worst positional precision was 0.013 m for the VT10 vertex while the best precision was 0.009 m for the VT07. With the values found, individual monographs were made for the vertices, so that the data can be made available to the public. Contributing in this way, to the densification of the activities to be carried out.

Keywords: Geodetic Networks, *GNSS* Positioning, Brazilian Geodetic System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Nivelamento geométrico.....	17
Figura 2 – Representação da Rede Altimétrica de Alta Precisão - RAAP	19
Figura 3 –Representação da anomalia de altitude e ondulação geoidal com as altitudes normal e ortométrica	21
Figura 5 – Mapa de localização	23
Figura 6 – Processamento dos dados GNSS no software Topcon Tools.....	25
Figura 7 – Circuito nivelamento geométrico	26
Figura 8 – Execução nivelamento geométrico.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Circuitos nivelamentos, RNs, comprimento do circuito e erro	28
Tabela 2 – Coordenadas cartesianas e geodésicas dos vértices.....	28
Tabela 3 – Coordenadas Planas UTM, Plano topográfico local e Altura geoidal e Anomalia de altura	29
Tabela 4 – Altitude normal, geométrica, ondulação geoidal e anomalia de altitude.	29
Tabela 5 – Desvio-padrão das coordenadas dos vértices, extraídos do Software Topcon Tools.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDG- Banco de Dados Geodésicos

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPS – Global Positioning System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDE – Modelo Digital de Elevação

NMM - Nível Médio do Mar

PTL – Plano Topográfico Local

PVCG – Problema de Valor de Contorno da Geodésia

RAAP - Rede Altimétrica de Alta Precisão

RBMC- Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RN – Referência de Nível

RRNN – Referências de Nível

SGB - Sistema Geodésico Brasileiro

SIRGAS2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UTM – Universal Transversa de Mercator

ζ – Anomalia de altitude

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 JUSTIFICATIVA	15
3 OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo geral	15
3.2 Objetivos específicos	15
4 REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1 Posicionamento GNSS	16
4.2 Nivelamento geométrico	16
4.3 Sistema geodésico brasileiro	17
4.3.1 Rede Altimétrica	18
4.4 Superfícies de referência	20
4.5 Altitude Normal	20
4.6 Sistemas de coordenadas	20
5 MATERIAIS E METODOS	22
5.1 Área de estudo	22
5.2 Materiais utilizados	23
5.3 Metodologia	24
6 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	27
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT01	35
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT02	36
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT03	37
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT04	38
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT05	39
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT06	40

APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT07.....	41
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT08.....	42
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT09.....	43
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT10.....	44
APÊNDICE- MONOGRAFIA MARCO GEODÉSICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA VT11.....	45
ANEXO A- RELATÓRIO DE ESTAÇÃO GEODÉSICA 1923T.....	46
ANEXO B- RELATÓRIO DE ESTAÇÃO GEODÉSICA 1931B.....	47

1 INTRODUÇÃO

O Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor (assim como outros profissionais de áreas afins), frequentemente, depara-se com situações nas quais há a necessidade da determinação da posição em determinada fração da superfície terrestre ou próximo dela, que possibilite o suporte geométrico para projetos de engenharia executados por meio de equipamentos específicos e representados em plantas, cartas ou mapas, como Modelos Digitais de Elevação (MDE), perfis de terreno, dentre outros.

Métodos de determinação de posição contemporâneos como o posicionamento pelo *GNSS* (*Global Navigation Satellite System*) surgiram de modo a facilitar atividades que necessitam de coordenadas precisas de forma rápida e segura, tornando-se possível a determinação inequívoca da latitude (ϕ) e longitude (λ), além da coordenada geodésica vertical, representada pela altitude elipsoidal ou geométrica (h), trazendo assim inúmeros benefícios para a vida na sociedade civil e científica. A partir das coordenadas geodésicas é possível efetuar a transformação para sistemas de projeção cartográfica ou sistema plano topográfico local posteriormente.

Nos levantamentos geodésicos, todas as observações são efetuadas sobre a superfície física (ou topográfica), e o que se está medindo, é referenciado ao elipsoide. Tem-se a superfície do geoide que, de forma simplificada, é a superfície irregular que representa o nível médio dos mares; e a diferença ou separação entre as altitudes derivadas das superfícies elipsoidal e geoidal (elipsoidal e ortométrica) é denominada de ondulação geoidal, pelo fato de que essas superfícies não são coincidentes e nem paralelas.

Segundo Arana (2009), a determinação da ondulação do geoide a partir do rastreamento *GNSS* em pontos pertencentes à rede geodésica brasileira altimétrica (referências de nível) possibilita calcular a “real” ondulação do geoide, que pode ser aplicada na determinação da altitude ortométrica a partir da altitude elipsoidal, porém, com qualidade dependente da precisão do modelo geoidal.

O software MapGeo 2015 é a ferramenta oficial utilizada para obtenção da ondulação geoidal do Brasil que mede as diferenças entre as altitudes elipsoidal (geométrica) e ortométrica. O modelo geoidal brasileiro apresenta valores de desvio padrão de aproximadamente ± 17 cm. (IBGE, 2017)

A melhor forma de efetuar o transporte de altitude é por meio do nivelamento geométrico, utilizando-se níveis com precisão adequada ao fim a que se destina e aplicando métodos de controle de qualidade eficientes, como a prática de executar o nivelamento e

contranivelamento conforme preconiza a NBR13.133 (ABNT, 1994), além de efetuar o ajustamento por meio de técnicas adequadas, no caso do transporte para redes de referência geodésicas, efetuando o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019), no final do mês de julho de 2018, realizou-se o reajustamento da Rede Altimétrica de Alta Precisão – RAAP; com isso o Banco de Dados Geodésicos – BDG vem disponibilizando as altitudes normais. A altitude normal é medida ao longo da linha vertical normal, isto é, a ortogonal às superfícies equipotenciais do campo normal. Por não considerar o campo real, ela não se refere ao geóide, e sim a uma superfície próxima a ele, denominada de quase-geóide.

2 JUSTIFICATIVA

A justificativa deste projeto consiste na importância de se obter a sistematização da rede de referência geodésica do campus de Itaqui, obtendo os valores oficiais das coordenadas, de acordo com o SGB realizado em 2018, para que se possa realizar atividades curriculares, projetos científicos e trabalhos de campo relacionados a topografia e geodésia.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo principal é efetuar o transporte de coordenadas, tanto horizontais quanto verticais, para os vértices da rede de referência geodésica do campus de Itaqui da Universidade Federal do Pampa, por meio do rastreamento e processamento *GNSS* e nivelamento geométrico, confeccionando relatórios individuais para cada estação e disponibilizando os dados ao público.

3.2 Objetivos específicos

- Efetuar o transporte de coordenadas horizontais e o transporte de altitude geométrica por *GNSS* a partir de vértices oficiais do SGB;
- Realizar o nivelamento geométrico, a partir da rede altimétrica de alta precisão do SGB;
- Confeccionar o relatório individual de cada estação geodésica (monografia);

- Montar o relatório completo das determinações;
- Disponibilizar os dados ao público.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Posicionamento GNSS

Desde a antiguidade a humanidade buscou compreender sua localização e posicionamento em busca da conquista de novos territórios por meio dos estudos da astronomia, e com o avanço da tecnologia o sistema de posicionamento por meio de sinais emitidos por constelações de satélites artificiais que hoje recebe o nome de *GNSS*. É composto por quatro sistemas próprios que operam em conjunto o *GPS (Global Positioning System)*, *GLONASS*, *GALILEO*, e o *BEIDOU*. (MONICO, 2007)

Existem basicamente três métodos de posicionamento com a tecnologia GPS (SILVA e SEGANTINE, 2015).

O posicionamento absoluto obtém-se as coordenadas sem correções de qualquer natureza podendo ser obtida por meio da diferença da fase das ondas portadoras ou por meio da diferença de fase dos códigos civis (pseudodistância).

No posicionamento relativo são utilizados dois ou mais receptores, rastreando os mesmos satélites em um determinado tempo. Consiste em utilizar um receptor em um ponto de coordenada conhecida, e outro receptor sobre o ponto que se deseja conhecer.

O posicionamento diferencial consiste em quando um receptor é estacionado onde há as coordenadas conhecidas, sendo assim são realizadas as correções diferenciais, pelo posicionamento *GNSS*, no qual são transmitidas do receptor base, para o receptor remoto, via comunicação telemétrica, permitindo assim determinar em tempo real as coordenadas que se deseja conhecer.

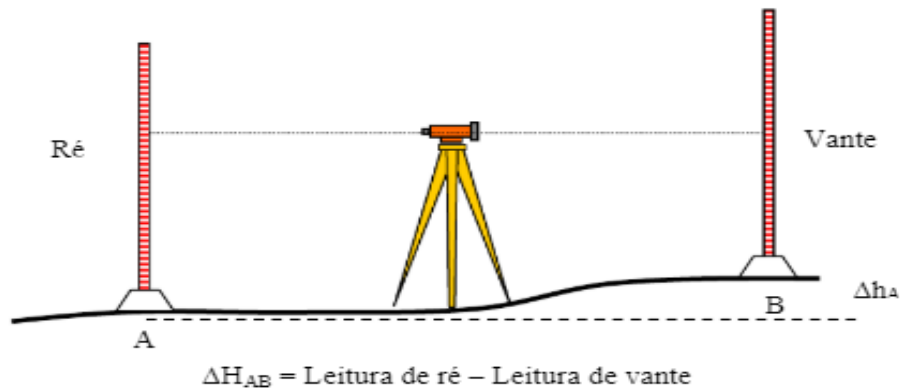
4.2 Nivelamento geométrico

O nivelamento geométrico é um método da topografia que permite a determinação de cotas e altitudes, sendo assim, o desnível entre pontos. (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012)

De acordo com a NBR 13133 (ABNT, 1994), nivelamento geométrico (ou nivelamento direto) é o nivelamento que realiza a medida da diferença de nível (Δh) entre dois pontos A e

B do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos, como demonstrada na Figura 1.

Figura 1: Nivelamento geométrico



Fonte: (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012)

O desnível é determinado pela seguinte expressão:

$$H_{AB} = H_A - H_B \quad (1)$$

Para a determinação do desnível entre dois pontos A e B deve-se posicionar as miras sobre estes, que devem estar verticalizadas, utilizando os níveis da cantoneira. Sendo assim, será gerada uma leitura da base do terreno até o plano de referência horizontal estabelecido pelo nível.

O operador deve realizar as leituras do fio nivelador (fio médio) e dos fios estadimétricos (superior e inferior).

4.3 Sistema geodésico brasileiro

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é um banco de dados geodésicos de referência com valores de coordenadas e dados auxiliares das estações, composto por rede altimétrica, planimétrica e gravimétrica (IBGE, 2019).

O referencial altimétrico é materializado pela superfície equipotencial que se aproxima do Nível Médio do Mares (NMM), definido pelas observações maregráficas tomadas na baía de Imbituba, no litoral de Santa Catarina no período de 1949 a 1957. Estão inseridas na RAAPe

constituem aproximadamente 69.000 estações referenciadas a uma superfície de nível RRNN, distribuídas ao longo de estradas e rodovias (IBGE, 2019).

A rede planimétrica do SGB foi implantada no Brasil em 17 de março de 1944, sob a responsabilidade do IBGE. Inicialmente o sistema foi oficializado pelo Decreto-lei n. 9210 de 29 de abril de 1946 e posteriormente pelo Decreto-lei n.243, de 28 de fevereiro de 1967.

A primeira rede ativa estabelecida na América do Sul, com o objetivo de materializar a estrutura geodésica no Brasil e servir de ligação com as redes geodésicas internacionais. Atualmente, possibilita a conexão direta das coordenadas ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), adotado oficialmente em todo o território brasileiro em 2005 e, desde 2015 é o único sistema oficial vigente no país.

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), desde sua implantação em dezembro de 1996, tem sido de extrema importância para a manutenção e a atualização da estrutura geodésica no país (FORTES 17 et al., 2007). A RBMC é um exemplo de um sistema de controle ativo, com um conjunto de estações com receptores *GNSS* que operam 24 horas, durante os sete dias da semana.

A partir do ano de 1991, o IBGE passou a empregar o sistema *GNSS* para a densificação da componente planimétrica do SGB, constituindo, desta forma, a Rede Nacional. Com este avanço, o posicionamento do sistema global de navegação por satélite passou a ser a única técnica empregada na rede planimétrica. Sendo assim, foram estabelecidas as estações denominadas SAT-GPS, através das redes estaduais GPS, suas densificações/expansões e a homologação de marcos geodésicos.

4.3.1 Rede Altimétrica

De acordo com Alencar (1968), estabelecimento da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) teve início em 1945. Foram determinadas mais de 65 mil RRNN, ao longo de ferrovias e rodovias brasileiras, ao longo de 10 mil quilômetros de duplo caminhamento de nivelamento geométrico (nivelamento e contranivelamento) com nível ótico ou digital. Possui como referência vertical a superfície equipotencial que contém o (NMM) definido pelas observações maregráficas no porto de Imbituba-SC (LUZ; GUIMARÃES, 2001).

A metodologia empregada no nivelamento de precisão permitia a tolerância igual ou menor a $4\text{mm} \times \sqrt{k}$ entre duas medidas de RRNN, ou seja, entre o nivelamento e contranivelamento.

Conforme MEDEIROS (1999 apud LUZ, 1998), existiam 180.000 km de linhas de nivelamento integradas aos SGB, sendo que em torno de 60% do total hoje se encontra danificado ou destruído. A figura 2 abaixo mostra a rede altimétrica do SGB.

Figura 2: Representação da Rede Altimétrica de Alta Precisão - RAAP



4.4 Superfícies de referência

Segundo Silva e Segantine (2015), para estabelecer um sistema de referência é necessário definir a superfície sobre o qual o sistema será estabelecido. Existem três definições:

Superfície topográfica ou física corresponde ao relevo, formada pelas cadeias de montanhas, vales, campos, fossas oceânicas. É uma superfície muito importante para trabalhos topográficos e é representada nas plantas topográficas. Pelas suas irregularidades, é demasiado para ser adotada como superfície de referência para a determinação de pontos geodésicos.

Superfície geoidal é gerada pela superfície equipotencial do campo gravitacional terrestre, que é considerada a forma real da Terra.

Superfície geométrica, também chamada de elipsoide de revolução, é gerada por uma esfera ligeiramente achatada nos polos.

4.5 Altitude normal

Segundo Severo, T. C. et al. (2013), a altitude normal tem o objetivo de contornar o problema da determinação da gravidade real média (\bar{g}) ao longo da vertical. Esta consiste na substituição de \bar{g} pelo valor médio da gravidade normal ($\bar{\gamma}$) medida sobre a linha normal entre o teluroide e o elipsoide de referência conforme apresentado por Heiskanen e Moritz (1967) em

$$H^N = \frac{C}{\bar{\gamma}} \quad (2)$$

A altitude normal (H^N) depende do número geopotencial (C) do ponto e onde $\bar{\gamma}$ é a gravidade normal média entre o elipsoide e o ponto da superfície física.

A altitude normal pode ser definida como sendo a distância contada ao longo da normal entre o ponto \mathbf{P} e a superfície próximo ao elipsoide, o quase geoide, e este afastado do geoide pela componente da anomalia da gravidade (ζ)

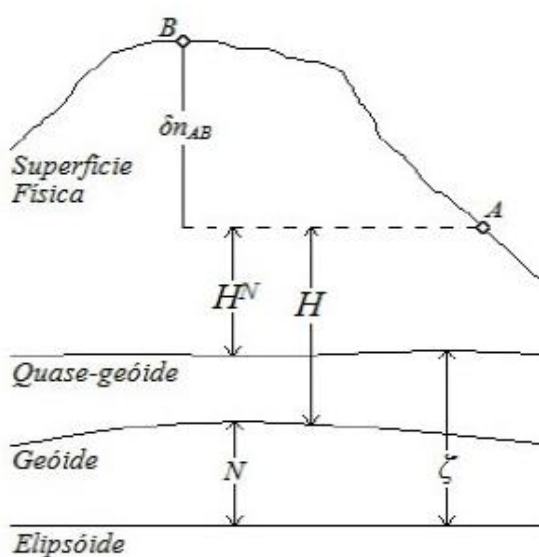
Segundo o IBGE (2019), a altitude normal é ortogonal às superfícies equipotenciais do campo normal e é medida ao longo da linha vertical normal. Ela é referente ao quase geoide, pois não considera o campo real.

A altitude normal representa a separação entre o elipsoide e o teluroide ou entre o quase geoide e a superfície física (Figura 3). A vantagem da altitude normal é que ela independe do

trajeto percorrido. A desvantagem é que a superfície à qual ela é referida, o quase geóide ou o teluróide, não é superfície de nível. Logo, dois pontos com a mesma altitude normal não estarão necessariamente sobre a mesma superfície equipotencial.

A anomalia de altitude (ζ) pode ser definida como a diferença entre o quasegeóide e o elipsóide de referência, conforme apresentado na figura 4.

Figura 3: Representação da anomalia de altitude e ondulação geoidal com as altitudes normal e ortométrica



FONTE: Severo, T. C. et al. (2013)

Na década de 60 Molodensky propôs uma nova abordagem para tratar do potencial de gravidade externo à superfície da Terra, essa discussão não requeria nenhum conhecimento prévio do problema da densidade de topo e do Problema de Valor de Contorno da Geodésia Física (PVGC), evitando-se a necessidade das reduções gravimétricas

Segundo (TORGE, 2012), a solução apresentada por Molodensky evita a formulação de hipóteses para a distribuição da densidade de massa da Terra, diferentemente da concepção do geóide. Neste contexto, originou-se a criação da “superfície artificial” denominada de quase geóide, que é a superfície de referência para as altitudes normais, e encontra-se separado do geóide pela ζ .

Para solucionar os problemas práticos nos cálculos geoidais, MOLONDESKIJ et al. (1960, apud VANICEK e KRAKIWSKY, 1982) introduziram uma superfície aproximada do geóide, chamada quase geóide, utilizando a modelagem matemática do campo de gravidade normal.

4.6 Sistemas de coordenadas

O sistema de coordenadas cartesianas tridimensional tem origem no centro de massa da Terra, estabelecido sobre o elipsoide de revolução e constituído de três eixos perpendiculares (X, Y e Z). As coordenadas fornecidas pelo GNSS são geocêntricas cartesianas, porém fórmulas transformam essas coordenadas em coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altura elipsoidal) e também em coordenadas planas tais como a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

As coordenadas geodésicas usam o elipsoide como superfície de referência; trata-se de um sistema bidimensional constituído pelas coordenadas latitude e longitude que são os valores dos pontos localizados na superfície terrestre. A sua figura geométrica não pode ser uma esfera para medidas de precisão devido a Terra ter um leve achatamento nos polos.

Segundo Silveira e Rocha (2016), o sistema UTM é o mais utilizado, pois propõe o uso de fórmulas simplificadas para cálculos que podem ser usados facilmente em campo, além de proporcionar precisões suficientes para maioria dos trabalhos, confecção de cartas, mapas ou plantas, com exceção em obras de engenharia utilizando os métodos de levantamentos com estação total, devido à influência da curvatura terrestre.

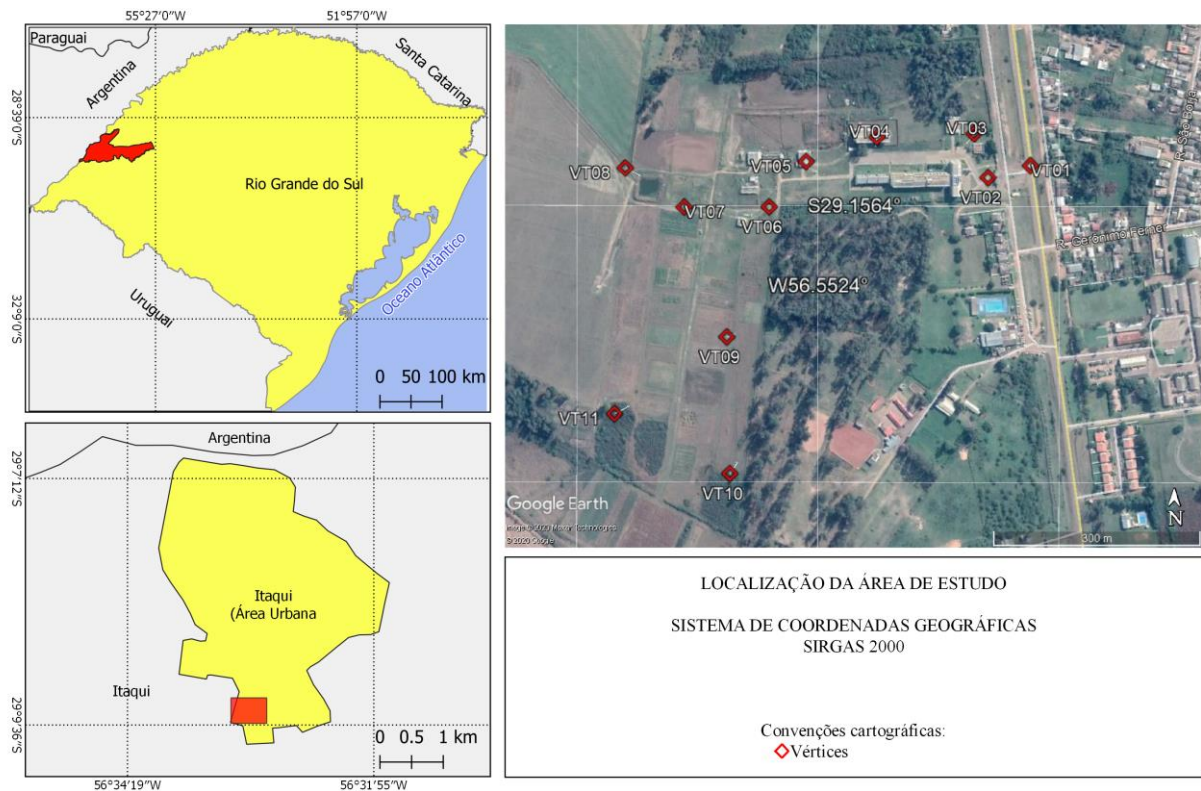
O PTL desconsidera a curvatura da Terra e é tangente à superfície de referência elipsoidal, origem local, ou seja, qualquer ponto na superfície física da Terra pode ser a origem do ponto. É um sistema de projeção cartográfica que melhor traduz os valores de área e distância linear. Pode ser aplicado em áreas urbanas e rurais, sem levar em conta os erros sistemáticos provenientes da desconsideração da curvatura terrestre e do desvio da vertical (SILVEIRA, 2017).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no campus Unipampa, no perímetro urbano do município de Itaqui, Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes $29^{\circ}07'18''$ S e $29^{\circ}08'32''$ S e longitudes $56^{\circ}33'23''$ W e $56^{\circ}32'11''$ W, de acordo com a Figura 5, e estão apresentados os vértices os quais foram o objetivo deste trabalho.

Figura 4: Mapa de localização



Fonte: A autora (2020)

5.2 Materiais utilizados

Para a execução deste trabalho, realizou-se o transporte de coordenadas planimétricas, utilizando quatro receptores *GNSS*, marca Ashtech, modelo Promark500, com precisão nominal de $\pm 3\text{mm} + 1\text{ppm}$ com capacidade de rastrear os sinais dos sistemas GPS e GLONASS, incluindo acessórios como extensores e bases nivelantes.

Para a inserção de atributos e configuração, utilizou-se uma coletora de dados marca Spectra Precision, modelo Recon.

Também se utilizou um receptor marca Spectra Precision, modelo Epoch 25, com precisão de $\pm 3\text{mm} + 1\text{ppm}$, com capacidade de rastreamento dos sinais da constelação GPS. Ambos os receptores utilizados são de dupla frequência.

Para o transporte de altitudes das referências de nível até os vértices foi necessário usar um nível eletrônico da marca Leica, modelo Sprinter 100M com precisão nominal de 2mm/km, com leitura eletrônica em mira de código de barra e uma sapata topográfica para maior estabilidade da mira.

O processamento de dados *GNSS* foi realizado nos softwares TopconTools e *GNSS Solution*, sendo utilizado também para o ajustamento das redes.

O processamento dos dados do nivelamento geométrico foi efetuado no software Posição e o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados executado em uma planilha eletrônica específica para este fim.

Para a análise dos dados de qualidade, realizou-se uma planilha eletrônica.

Para o transporte de coordenadas horizontais e altitude elipsoidal utilizaram-se receptores *GNSS* no método relativo estático; os receptores rastreiam os sinais do sistema por tempo suficiente para se obter solução fixa no processamento.

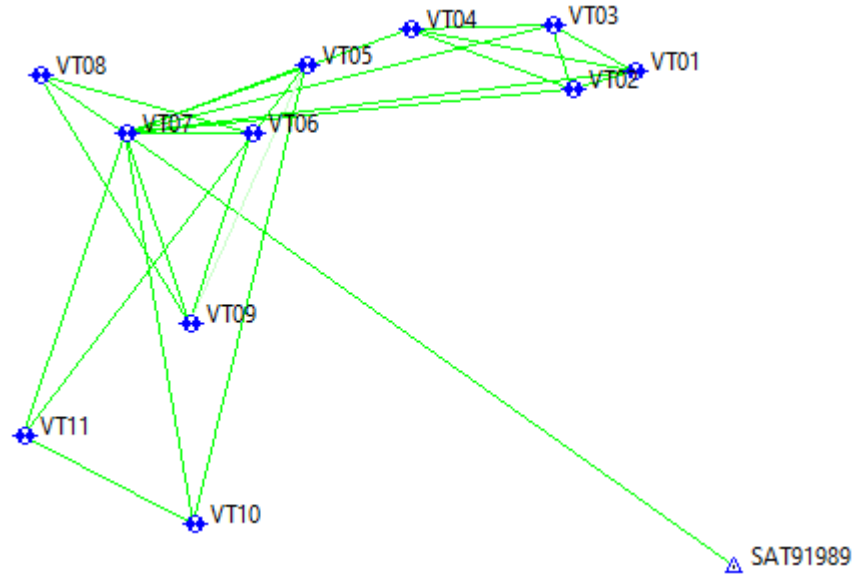
5.3 Metodologia

Inicialmente para o desenvolvimento da pesquisa, foi efetuado o transporte dos vértices das RBMC (Alegrete e Cerro Lago), porém as coordenadas não apresentaram um bom resultado para esta pesquisa, então optou-se por utilizar como ponto de controle o marco físico SAT91989, oficial do IBGE, localizado próximo ao regimento de cavalaria do exército, às margens da Avenida Luís Joaquim de Sá Brito e adjacente à Unipampa.

Após o rastreamento no ponto de controle, foram transportadas as coordenadas obtidas para os demais vértices pelo método relativo estático, em forma de poligonal com tempo de ocupação não inferior a duas horas.

Sucedido o rastreamento, os dados foram convertidos em *RINEX (Receiver Independent Exchange Format)* e realizou-se o processamento dos pontos no software Topcon Tools obtendo-se as coordenadas cartesianas geocêntricas, geodésicas elipsoidais e planas UTM, como mostra a figura 6.

Figura 5: Processamento dos pontos *GNSS* no software Topcon Tools



Fonte: A autora (2020)

Para o transporte da altitude normal foi realizado o nivelamento geométrico das referências de nível denominadas RN1923T e RN1931B, oficiais do IBGE, até o vértice VT01 da Unipampa.

Seguindo as normas da NBR 13133 (ABNT, 1994) dentro da classe IN- Nivelamento geométrico para implantação de referência de nível de apoio altimétrico, foram realizados nivelamento e contranivelamento utilizando ponto de segurança a cada um quilômetro, leitura de ré e vante dos três fios na mira graduada, a distância do nível a mira não ultrapassou 60 m de comprimento, foram realizadas visadas equidistantes. Devido às altas temperaturas município de Itaqui durante o período de aquisição de dados em campo, as leituras não ocorreram nos extremos da mira graduada para minimizar os efeitos de reverberação, utilizou-se uma sapata topográfica obtendo assim maior estabilidade na mira, os circuitos foram realizados em um relevo plano e os caminhos percorridos foram distintos, identificados na figura 7.

Figura 6: Circuito nivelamento



Fonte: A autora (2020)

O processamento dos nivelamentos foi realizado no software Posição da *Leica Geosystems*, onde foram obtidas a altitude normal, o comprimento e o erro dos circuitos.

Abaixo a figura mostra a realização do nivelamento geométrico.

Figura 7: Execução do nivelamento



Fonte: A autora (2020)

Na área da Unipampa foi executado o nivelamento geométrico em forma de poligonal para o transporte da altitude normal do VT01 aos demais vértices.

Além disso, gerou-se o PTL utilizando como origem o VT06, pois ele é o vértice central e está equidistante aos demais. A opção para criar um PTL seria para aplicações locais, sendo assim não teria os problemas de distorção de projeções cartográficas.

Para a criação do modelo de anomalia de altitude, determinou-se a diferença entre as altitudes geométrica e normal dos pontos.

$$\zeta = h - H^N \quad (3)$$

Onde se tem ζ = anomalia de altitude, H^N = altitude normal, h = altitude geométrica.

Por fim, geraram-se monografias contendo a identificação dos vértices, coordenadas geodésicas cartesianas geocêntricas, geodésicas elipsoidais (latitude e longitude) planas UTM, plano topográfico local, bem como as informações das altitudes normais, a ondulação geoidal (MAPGEO2015) e anomalia de altitude.

6 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos por meio do nivelamento e dos processamentos de dados GNSS.

Os nivelamentos geométricos de 2ª ordem entre a RN1923T e VT01, e RN1931B e VT01, são dados primários para a confecção deste trabalho. Da mesma maneira, as coordenadas geodésicas em SIRGAS2000 dos 11 (onze) marcos estabelecidos no Campus de Itaqui/RS que servirão de apoio para a sistematização da rede de referência geodésica.

Os circuitos de nivelamento e contranivelamento geométrico estão classificados como IN e sua aplicabilidade de RN de apoio altimétrico, pois o erro de fechamento foi menor de -1,00mm e a maior de 3,00mm, valores permitidos dentro da faixa IN de acordo com NBR 13.133 (ABNT, 1994).

A tabela 1 apresenta o erro de fechamento e o comprimento dos circuitos de nivelamento geométrico:

Tabela 1: Circuitos nivelamentos, RNs, comprimento do circuito e erro.

Circuitos de nivelamento	Referências de Nível	Comprimento (m)	Erro (mm)
Circuito 1	RN 1923T - VT01	2.827,100	-1,00
Circuito 2	RN 1931B - VT01	1.763,425	3,00

Fonte: A autora (2020)

A tabela 2 mostra os resultados dos rastreios das coordenadas cartesianas e geodésicas obtidas para os 11 (onze) vértices da Unipampa.

Tabela 2: Coordenadas cartesianas e geodésicas dos vértices

Vértice	Coordenadas Cartesianas			Coordenadas Geodésicas	
	X	Y	Z	ϕ	λ
VT01	3.072.768,410	-4.651.154,119	-3.089.049,400	-29°09'21,49134"	-56°32'57,82787"
VT02	3.072.716,010	-4.651.179,351	-3.089.063,896	-29°09'22,02642"	-56°32'59,96022"
VT03	3.072.716,132	-4.651.214,178	-3.089.012,229	-29°09'20,10007"	-56°33'00,66676"
VT04	3.072.604,599	-4.651.224,719	-3.089.016,232	-29°09'20,25505"	-56°33'05,54880"
VT05	3.072.515,509	-4.651.324,233	-3.089.045,066	-29°09'21,32820"	-56°33'09,10518"
VT06	3.072.457,392	-4.651.327,067	-3.089.098,948	-29°09'23,32597"	-56°33'10,95727"
VT07	3.072.360,550	-4.651.390,067	-3.089.098,778	-29°09'23,33393"	-56°33'15,23197"
VT08	3.072.308,265	-4.651.456,158	-3.089.053,347	-29°09'21,62866"	-56°33'18,19408"
VT09	3.072.361,993	-4.651.286,740	-3.089.252,218	-29°09'29,03778"	-56°33'13,08021"
VT10	3.072.315,558	-4.651.208,685	-3.089.413,361	-29°09'35,04399"	-56°33'12,92204"
VT11	3.072.205,877	-4.651.327,767	-3.089.342,692	-29°09'32,42379"	-56°33'18,73703"

Fonte: A autora (2020)

As coordenadas cartesianas tridimensionais correspondem ao sistema de coordenadas fundamental da geodesia e são fornecidas pelo *GNSS*; por meio de fórmulas matemáticas elas são transformadas em coordenadas geodésicas e planas UTM.

Por meio de uma planilha do Excel denominada de coordenadas cartesianas em coordenadas topográficas - método das rotações e translações, e tomando-se o vértice VT06 como a origem do PTL, obtiveram-se as coordenadas topográficas que são as transformadas correspondentes das coordenadas planas UTM, descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Coordenadas Planas UTM, Plano topográfico local, Altura geoidal e Anomalia de altura

Vértice	Planas UTM		Plano Topográfico Local	
	N	E	X	Y
VT01	6.774.650,109	543.822,929	150.354,835	250.056,480
VT02	6.774.633,862	543.765,260	150.297,206	250.040,008
VT03	6.774.693,221	543.746,399	150.278,112	250.099,318
VT04	6.774.688,955	543.614,491	150.146,170	250.094,549
VT05	6.774.656,293	543.518,289	150.050,055	250.061,509
VT06	6.774.594,999	543.468,020	150.000,000	250.000,000
VT07	6.774.595,192	543.352,538	149.884,472	249.999,754
VT08	6.774.647,978	543.272,715	149.804,419	249.052,256
VT09	6.774.419,427	543.410,001	149.942,626	249.824,140
VT10	6.774.234,560	543.413,573	149.946,902	249.639,216
VT11	6.774.315,796	543.256,790	149.789,751	249.719,887

Fonte: A autora (2020)

As coordenadas do plano topográfico local foram adicionadas aos termos constantes $X = 150.000$ m e $Y = 250.000$ m, conforme o que especifica a NBR 14166, com o objetivo de evitar valores negativos nos pontos da área de abrangência do sistema.

Tabela 4: Altitude normal, geométrica, ondulação geoidal e anomalia de altitude

Vértice	Altitudes		Alturas	
	H^N	h	N_{MAPGEO}	ζ
VT01	69,10575	81,835	12,900	12,729
VT02	69,32545	82,059	12,900	12,733
VT03	69,59286	82,323	12,900	12,730
VT04	69,25628	81,986	12,900	12,729
VT05	69,21683	81,942	12,900	12,725
VT06	69,53836	82,286	12,900	12,747
VT07	68,75596	81,497	12,900	12,741
VT08	69,61455	82,358	12,900	12,643
VT09	68,90941	81,657	12,900	12,747
VT10	68,20643	80,964	12,900	12,739
VT11	67,75737	80,495	12,900	13,187

Fonte: A autora (2020)

Tem-se na tabela 4, H = altitude normal, essa altitude é obtida por meio do nivelamento geométrico, já o h = altitude geométrica é encontrada através do processamento de dados GNSS, a ondulação geoidal foi calculada pelo software MAPGEO e por fim a ζ = anomalia de altura, obtida através da diferença entre as altitudes normal e geométrica. Os resultados encontrados do nivelamento atendem à classe IN da NBR13133.

A tabela 5 abaixo demonstra os valores do desvio padrão dos vetores (n), que representa o eixo Y, o vetor (e) que configura o eixo X e do vetor (u) que equivale o eixo Z e que simboliza a altitude geométrica (h).

Tabela 5: Desvio padrão das coordenadas dos vértices, extraídos do software Topcon Tools.

Vértice	Desvio padrão n (m)	Desvio padrão e (m)	Desvio padrão u (m)
SAT91989	0,000	0,000	0,000
VT01	0,004	0,003	0,010
VT02	0,004	0,003	0,010
VT03	0,004	0,003	0,010
VT04	0,004	0,003	0,010
VT05	0,004	0,004	0,011
VT06	0,004	0,003	0,010
VT07	0,004	0,003	0,009
VT08	0,004	0,003	0,010
VT09	0,004	0,003	0,010
VT10	0,005	0,005	0,013
VT11	0,004	0,004	0,011

Fonte: A autora (2020)

Dentre os 11 (onze) vértices rastreados por *GNSS*, a pior precisão posicional para altitude geométrica (h) foi de 0,013m para o vértice VT10, enquanto a melhor precisão foi de 0,009 para o VT07.

Os resultados apresentados do desvio padrão (σ) permitem realizar uma breve análise dos possíveis fatores que podem ter influenciado na confecção dos modelos correccionais em relação à componente vertical. O ponto de controle usado foi o marco do Exército SAT 91989 de centragem forçada, oficial do IBGE; não foi realizado rastreamento em alto de edificações, próximo à rede de energia elétrica e coberturas vegetais. Sendo assim, não foram necessárias

edições dos satélites das constelações GPS e GLONASS, e não se obtiveram valores discrepantes.

O método de transporte foi o relativo estático com tempo de ocupação mínima não inferior a duas horas para que se obtivessem soluções fixas e precisões adequadas principalmente quanto à componente vertical.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nivelamento geométrico é ainda o método mais preciso de se determinar as altitudes, porém, quanto à realização deste na área da Unipampa, houve uma certa dificuldade, devido aos marcos instalados serem altos e o tripé utilizado ser de alumínio e extensível. Desta forma, para se conseguir fazer a leitura dos pontos, foi necessário que se colocasse o tripé na altura máxima dele, causando assim instabilidade no nível instalado sobre o tripé e dificultando a visada da leitura na mira.

No entanto, para encontrar melhores resultados recomenda-se o uso do tripé de madeira não extensível, mais pesado e mais alto, proporcionando maior estabilidade na visada da mira falante. O método de desenvolvimento do nivelamento geométrico foi por meio de uma poligonal, porém, o recomendado seria fazer de marco a marco, fazendo circuitos, podendo demandar muito tempo.

Este nivelamento foi repetido três (3) vezes, sendo que o primeiro nivelamento obteve o melhor resultado em comparação aos outros dois (2), e conforme a NBR 13133 enquadra-se na classe IN, onde o erro de fechamento foi menor de -1,00mm e a maior de 3,00mm, o qual qualifica o presente trabalho para obras de engenharia que exijam precisão geodésica na ordem dos milímetros, como o adensamento da rede de referência de nível – RRNN dentro do Campus Itaqui.

Os valores obtidos para o desvio padrão (σ) por meio do processamento de dados GNSS foram satisfatórios, tendo em vista que a pior precisão posicional foi de 0,013m para o vértice VT10, enquanto a melhor precisão foi de 0,009 para o VT07.

A ondulação geoidal extraída do MAPGEO, pode ser confundida com anomalia de altura para aplicação prática, pois a precisão relativa será melhor do que a própria precisão nominal dos equipamentos.

Este trabalho vai contribuir para o projeto de pesquisa do acadêmico Luís David de Nazaré Martins titulado a Desenvolvimento de um sistema para redes geodésicas digitais com o objetivo de inserir em um sistema constituído por um banco de dados, site e aplicativo para a

informação completa sobre as coordenadas geodésicas, UTM e também sobre as altitudes. Cada vértice irá possuir um QR Code para acessar o aplicativo, sendo com ou sem acesso à internet.

Esta pesquisa pode contribuir com a comunidade técnica e científica da Unipampa, visto que ainda não possuía monografias com os dados de cada vértice instalado na área, buscando com isso auxiliar com as pesquisas e trabalhos acadêmicos a serem desenvolvidos dentro do Campus de Itaqui.

Recomenda-se para trabalhos posteriores o ajustamento dos dados pelo método dos mínimos quadrados, afim de refinar ainda mais os resultados.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. C. M. **Sistema Nacional de Nivelamento de 1a Ordem**. In: Conferência Nacional de Geociências, IBGE, Rio de Janeiro. 1968.

ARANA, José Milton; **Introdução a geodésia física**: Departamento de Cartografia Faculdade de Ciências e Tecnologia Unesp. Campus de Presidente Prudente, 2009. p. 1-89.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133/94, Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994. 35 p.

BLITZKOW, Denizar; CAMPOS, I. de O.; FREITAS, SRC de. **Altitude: O que interessa e como equacionar**. Anais do I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife, 2004.

CERQUEIRA, J. A. C.; ROMÃO, V. M. C. **Definição de uma superfície geoidal local através de posicionamento por GPS**: Recife: Universidade Federal do Pernambuco, 2006. 139p

FORTES, L, P, S, et al, **Plano de expansão e modernização das Redes Ativas RBMC/RIBaC**, IBGE, Rio de Janeiro, 2007.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Coordenação de Geodésia. Rio de Janeiro, 2017

IBGE. O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil MAPGEO2015. **Disponível em:** <ftp://geofp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_de_ondulacao_geoidal/cartograma/rel_mapgeo2015.pdf>. **Acesso em:** 13 de out. 2020a

IBGE. **Rede altimétrica**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/altimetrica.shtm>>. **Acesso em:** 26 de junho. 2019c

IBGE. SGB – **Sistema Geodésico Brasileiro**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_int.shtm>. **Acesso em:** 26 de junho 2019b

IBGE. Sistema de Referência. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Geodésia. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/sisref.pdf>. Arquivo capturado em 10.2020.

LUZ, Roberto Teixeira; GUIMARÃES, Valéria Mendonça. **Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro Status and Perspectives of the Brazilian First Order Leveling Network**. Série em Ciências Geodésicas, v. 1, 2001.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2007. 476 p.

SEVERO, Tiago Cavagnoli et al. **Estudo das correções gravimétricas para altitudes físicas aplicadas aos desníveis da RAAP**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 19, n. 3, p. 472-497, 2013.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia: Teoria e prática de geomática**. 1. ed. São Paulo: Editora Elsevier, 2015. 412 p.

SILVEIRA, L. **Os sistemas UTM, RTM, LTM, Gauss-Krüger e Plano Topográfico Local**. Disciplina Cartografia II. 2017. Notas de Aula. Universidade Federal do Pampa



SILVEIRA, Leonard Niero da; ROCHA, Jonatan dos Santos. **Influência da altitude na deformação de áreas projetadas nos sistemas planos UTM, LTM e RTM**. Revista Tecnologia e Ambiente, Criciúma- Sc, v. 22, p.137-146, 2016

APÊNDICES


**MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**


Vértice: VT01	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
----------------------	---------------------------------	---------------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.768,410 m	$\phi = 29^{\circ}09'21,49134''S$
Y = -4.651.154,119 m	$\lambda = 56^{\circ}32'57,82787''W$
Z = -3.089.049,400 m	h = 81,835 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.650,109 m	X = 150.354,835 m
E = 543.822,929 m	Y = 250.056,480 m
H = 69,1057 m	H = 69,1057 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 12,729$ m	O vértice VT01 está localizado no trevo de acesso a Universidade Federal do Pampa, situado na Rua Luiz Joaquim de Sá Brito.
	Localização
	

Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

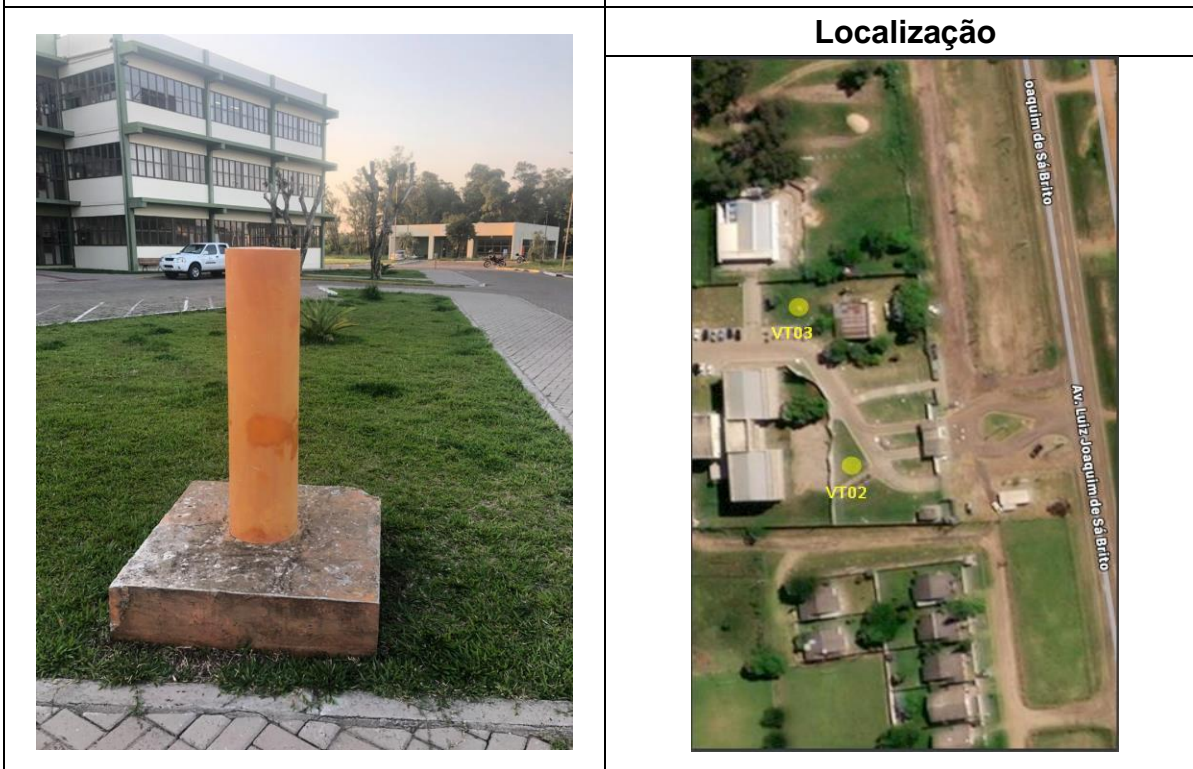
H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
 Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
 H = 69,5383 m

Vértice: VT02	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.716,010 m	$\phi = 29^{\circ}09'22,02642''S$
Y = -4.651.179,351 m	$\lambda = 56^{\circ}32'59,96022''W$
Z = -3.089.063,896 m	h = 82,059 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.633,862 m	X = 150.297,206 m
E = 543.765,260 m	Y = 250.040,008 m
H = 69,3254 m	H = 69,3254 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m Z = 12,733 m	O vértice VT02 está localizado em frente ao prédio administrativo na Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com o vértice VT01 e VT03.



Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude



Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$

Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$

H = 69,5383 m

Vértice: VT03	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.716,132 m	$\phi = 29^{\circ}09'20,10007''S$
Y = -4.651.214,178 m	$\lambda = 56^{\circ}33'00,66676''W$
Z = -3.089.012,229 m	h = 82,323 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.693,221 m	X = 150.278,112 m
E = 543.746,399 m	Y = 250.099,318 m
H = 69,5928 m	H = 69,5928 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m Z = 12,730 m	O vértice VT03 está localizado em frente ao restaurante universitário da Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com o VT02 e VT04.
	Localização
	



Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
 Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
 H = 69,5383 m

Vértice: VT04	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.604,599 m	$\phi = 29^{\circ}09'20,25505''S$
Y = -4.651.284,719 m	$\lambda = 56^{\circ}33'05,54880''W$
Z = -3.089.016,232 m	h = 81,986 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.688,955 m	X = 150.146,170 m
E = 543.614,491 m	Y = 250.094,549 m
H = 69,2562 m	H = 69,2562 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 12,729$ m	O vértice VT04 está localizado em frente ao prédio acadêmico da Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com o VT03 e VT05.
	Localização
	



Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
H = 69,5383 m

Vértice: VT05	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.515,509 m	$\phi = 29^{\circ}09'21,32820''S$
Y = -4.651.324,233 m	$\lambda = 56^{\circ}33'09,10518''W$
Z = -3.089.045,066 m	h = 81,942 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.656,293 m	X = 150.050,055 m
E = 543.518,289 m	Y = 250.061,509 m
H = 69,2168 m	H = 69,2168 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 12,725$ m	O vértice VT05 está localizado em frente ao prédio Labsim da Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com o VT04 e VT06.
	Localização
	



Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
H = 69,5383 m

Vértice: VT06	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
$X = 3.072.457,392$ m	$\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
$Y = -4.651.327,067$ m	$\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
$Z = -3.089.098,948$ m	$h = 82,286$ m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
$N = 6.774.594,999$ m	$X = 150.000,000$ m
$E = 543.468,020$ m	$Y = 250.000,000$ m
$H = 69,5383$ m	$H = 69,5383$ m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
$N_{MAPGEO} = 12,900$ m $\zeta = 12,747$ m	O vértice VT06 está localizado na área experimental da Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com o VT05 e VT09.
	Localização
	



Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO} : MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): $X = 150.000,000$ m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
 $Y = 250.000,000$ m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
 $H = 69,5383$ m

Vértice: VT07	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.360,550 m	$\phi = 29^{\circ}09'23,33393''S$
Y = -4.651.390,067 m	$\lambda = 56^{\circ}33'15,23197''W$
Z = -3.089.098,778 m	h = 81,497 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.595,192 m	X = 149.884,472 m
E = 543.352,538 m	Y = 249.999,754 m
H = 68,7559 m	H = 68,7559 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 12,741$ m	O vértice VT07 está localizado na área experimental Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com VT08.
	Localização
	

Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude



Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$

Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$

H = 69,5383 m

Vértice: VT08	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.308,265 m	$\phi = 29^{\circ}09'21,62866''S$
Y = -4.651.456,158 m	$\lambda = 56^{\circ}33'18,19408''W$
Z = -3.089.053,347 m	h = 82,358 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.647,978 m	X = 149.804,419 m
E = 543.272,715 m	Y = 249.052,256 m
H = 69,6145 m	H = 69,6145 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m Z = 12,643 m	O vértice VT08 está localizado na área experimental Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com VT07.
	Localização
	

Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude



Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$

Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$

H = 69,5383 m

Vértice: VT09	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.361,993 m	$\phi = 29^{\circ}09'29,03778''S$
Y = -4.651.286,740 m	$\lambda = 56^{\circ}33'13,08021''W$
Z = -3.089.252,218 m	h = 81,657 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.419,427 m	X = 149.942,626 m
E = 543.410,001 m	Y = 249.824,140 m
H = 69,9094 m	H = 69,9094 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 12,747$ m	O vértice VT09 está localizado na área experimental Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com VT06 e VT10.
Localização	
	



Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$
H = 69,5383 m

Vértice: VT10	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.315,558 m	$\phi = 29^{\circ}09'35,04399''S$
Y = -4.651.208,685 m	$\lambda = 56^{\circ}33'12,92204''W$
Z = -3.089.413,361 m	h = 80,946 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.234,560 m	X = 149.946,902 m
E = 543.413,573 m	Y = 249.639,216 m
H = 68,2064 m	H = 68,2064 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 12,739$ m	O vértice VT10 está localizado na área experimental Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com VT09 e VT11.
Localização	
	

Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude



Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$

Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$

H = 69,5383 m

Vértice: VT11	Data da Medição: 08/2019	Data do cálculo: 10/2019
---------------	--------------------------	--------------------------

COORDENADAS

Cartesianas Geocêntricas	Geodésicas Elipsoidais
X = 3.072.205,877 m	$\phi = 29^{\circ}09'32,42739''S$
Y = -4.651.327,767 m	$\lambda = 56^{\circ}33'18,73703''W$
Z = -3.089.342,692 m	h = 80,495 m
Planas UTM – MC = 57°W	Plano Topográfico Local - PTL
N = 6.774.315,796 m	X = 149.789,751 m
E = 543.256,790 m	Y = 249.719,887 m
H = 67,7573 m	H = 67,7573 m
Altura Geoidal	Descrição da Estação
N _{MAPGEO} = 12.900 m $\zeta = 13,187$ m	O vértice VT11 está localizado na área experimental Universidade Federal do Pampa. Possui visibilidade com VT10.
Localização	
	

Levantamentos e processamento de dados: Rafaela Valadares Ribeiro

H: Altitude normal; h: Altitude geométrica; MC: Meridiano central do fuso UTM; N_{MAPGEO}: MapGeo2015; ζ : Anomalia de altitude

Origem do PTL (VT06): X = 150.000,000 m $\phi = 29^{\circ}09'23,32597''S$
Y = 250.000,000 m $\lambda = 56^{\circ}33'10,95727''W$

H = 69,5383 m
ANEXO A- RELATÓRIO DE ESTAÇÃO GEODÉSICA 1923T



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	1923T	Nome da Estação :	1923T	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	ITAQUI				UF : RS
Última Visita:	24/06/2015	Situação Marco Principal :	BOM		Última Atualização : 30/07/2018

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	29° 08' 32" S	Altitude Normal(m)	63,9584	Gravidade(mGal)	
Longitude	56° 32' 11" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,075	Data Medição	
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	23/08/1982		
Data Medição	24/06/2015	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m ² /s ²)	626,312		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	6.776.168				
UTM(E)	545.094				
MC	-57				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - REALT 2018 2ª edição disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : ftp://geoflp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planimetrica/relatorio_rej_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html>
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : ftp://geoflp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização

06 m margem direita; da Av. Borjes de Medeiros, esquina com a rua Escobar; a esquerda da entrada para a AABB (Associação Atletica Banco do Brasil) ; 5,05 km aquém da Praça Marechal Deodoro e Igreja Matriz (RN 1931A).

Descrição

Tronco de pirâmide de concreto, medindo 20 cm X 20 cm na base e 14 cm X 14 cm no topo, altura de 18 cm e base quadrangular medindo 49 cm X 49 cm X 8 cm. Possui uma chapa estampada: 1923T.

ANEXO B- RELATÓRIO DE ESTAÇÃO GEODÉSICA 1931B



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	1931B	Nome da Estação :	1931B	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	ITAQUI			UF :	RS
Última Visita:	26/06/2015	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	30/07/2018

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	29° 08' 27" S	Altitude Normal(m)	67,0701	Gravidade(mGal)	
Longitude	56° 32' 50" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,075	Data Medição	
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	30/09/1982		
Data Medição	26/06/2015	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m ² /s ²)	656,783		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	6.776.326				
UTM(E)	544.041				
MC	-57				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - REALT 2018 2ª edição disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planimetrica/relatorio_rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html>
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/pr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização

10 m margem direita da Av. Borges de Medeiros; no pátio da E.E. de Ensino Fundamental Tito Correia Lopes; frente ao a um posto de combustível; 3,13 km além da Praça Marechal Deodoro e Igreja Matriz (RN 1931A).

Descrição

Tronco de pirâmide de concreto, medindo 20 cm X 20 cm na base e 14 cm X 14 cm no topo, altura de 18 cm e base quadrangular medindo 49 cm X 49 cm X 8 cm. Possui uma chapa estampada: 1931B.