

DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS DE MARCOS DE APOIO GEODÉSICO EM DOIS VIZINHOS

Girlaine Glenda Simplicio Brito

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de
Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de
Recursos Florestais no âmbito da dupla diplomação com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Orientada por

Maria Madalena Santos da Silva
João Carlos Martins Azevedo

BRAGANÇA
2021

GIRLAINE GLENDA SIMPLICIO BRITO

**DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS
DE MARCOS DE APOIO GEODÉSICO EM DOIS VIZINHOS**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Madalena Santos da Silva

Coorientador: Prof. Doutor João Carlos Martins Azevedo

BRAGANÇA

2021

A minha mãe, minha família,
meus amigos, minha orientadora,
aos meus professores; à UTFPR e a mim mesma.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado forças nos momentos mais difíceis.

A mulher mais incrível, minha mãe, Marivalda, que sempre me incentivou a lutar por todos os meus sonhos. Obrigada por todas as conversas e conselhos. Pela criação e ensinamento, você me inspira a viver. Sou grata por ser sua filha, amo você.

Agradeço ao meu pai, Manoel, por sempre apoiar. Agradeço a meu irmão, Gladson e meus sobrinhos, Geovani e Gael, por todas as conversas, incentivos e apoio. Dedico em memória da minha avó, Maria, que sempre lutou por nossa família, mulher guerreira que nunca desistiu. Agradeço à toda a minha família.

A minha professora, orientadora e amiga Dra. Maria Madalena Santos da Silva, por toda sua paciência, ajuda, amizade, aprendizado... sei que não sou fácil em ser orientada, sou um pouco desesperada e maluca. Obrigada por acreditar em mim até quando nem eu mesma acreditava. Sou extremamente grata por tê-la conhecido, tenho uma grande admiração e inspiração. Obrigada por todo o ensinamento e por apresentar a minha paixão que é a Geodésia.

Ao Instituto Politécnico de Bragança, e Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade na realização da graduação e do mestrado. Agradeço ao meu coorientador Dr. João Carlos Martins Azevedo, pela paciência e disponibilidade. Ao Prof. Dr. José Paulo Cortez, pelas conversas e apoio durante a minha estadia em Portugal.

Agradecer ao Prof. Dr. Edgar de Souza Vismara, pela disponibilidade, ajuda e apoio nas análises do trabalho. Agradecer a cada professor que fez parte da minha formação, em especial Prof. Dra. Fabiani das Dores Abati Miranda pelas aulas e ensinamentos de geoprocessamento e topografia.

Ao meu (ex) namorado e amigo, Diego, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões, que me aconselhou e me deu suporte, obrigada por acreditar em mim e não desistir de mim até nos piores momentos. Tenho uma grande admiração por você.

Aos amigos (família) que fiz em Portugal, muito obrigada, vocês me deram um apoio muito grande, tive momentos incríveis com vocês. A minha amiga Leticia, que foi minha companheira durante toda a minha estadia em Portugal, você foi a pessoa mais importante e me deu muita força. Aos meus amigos do Brasil, que tenho imensa saudade. Dedico em memória do meu amigo, Cássio, que terei muita saudade.

Amo vocês, e gratidão.

Eu quero me agradecer por acreditar em mim. por nunca desistir, e lutar por mim mesma.

*“Se cuide, se ame, se preserve, se regue.
Sua única obrigação é ser o melhor para você mesmo.” (Victor Érik)*

“Que a força esteja com você.” (Star Wars)

RESUMO

O posicionamento relativo estático é uma das práticas oferecidas pelo sistema global de navegação por satélite e permite determinar qualquer posição no globo terrestre. Este trabalho tem como objetivo determinar coordenadas elipsoidais de marcos geodésicos no município de Dois Vizinhos – Paraná, Brasil, para serem disponibilizados como marcos de apoio a trabalhos científicos e profissionais na região. Para isto, foi definido como marco de referência para os demais pontos determinados o marco homologado pelo IBGE, denominado estação 96153. Além deste, foram utilizadas as estações de referência da Rede Brasileira do Monitoramento Contínuo (RBMC). Os marcos dos quais se determinaram as coordenadas estão localizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), sendo eles UTFPR 01 e UTFPR 02. Outro marco está localizado na área urbana do município, na Unidade de Pronto Atendimento (UPA), no bairro Sagrada Família. Conforme os critérios estabelecidos pelo IBGE, utilizou-se a técnica de posicionamento relativo estático, onde o receptor de referência e o ponto de interesse permaneceram parados rastreando simultaneamente por no mínimo 6 horas, em quatro sessões. Os processamentos dos dados foram realizados em relação às estações pertencendo à RBMC de Guarapuava (PRGU), Foz do Iguaçu (ITAI), Maringá (PRMA) e Chapecó (SCCH). Não se utilizou a estação 96153 para o processamento dos marcos, UTFPR01 e UTFPR02 por apresentar-se como uma estação de referência muito comprometida devido a suas obstruções ao redor do marco, indicando um erro superior quando comparado aos resultados obtidos pela RBMC. Para o processamento e ajustamento dos dados de campo utilizou-se o *software* Trimble Business Center. O resultado comparativo do marco UPA quando processado em relação às bases RBMC e à estação 96153, resultou em uma discrepância de posicionamento de $\Delta N = \pm 0,075$ m, $\Delta E = \pm 0,242$ m e $\Delta H = \pm 0,857$ m. Considerando que a linha de base entre a estação 96153 e o marco UPA apresenta uma linha de base curta, cerca de 1,5 km. No entanto, a situação de obstrução do marco de referência 96153 resultou em erros superiores ao desvio-padrão permitido pela norma. Enquanto a linha de base entre o marco

UPA e as estações RBMC consideradas longas, ou seja, superior a 100km, resultou em erros mínimos comparados ao padrão normatizado pela legislação brasileira para este tipo de posicionamento. Conclui-se, que as coordenadas plano-cartesianas sistema UTM, fuso 22 S, SIRGAS 2000 de cada marco, são: UTFPR01 N 7155400,163m E 289451,357m e H 554,600m; UTFPR02 N 7155427,670m E 289435,482m e H 556,526m; UPA N 7149515,330m E 292797,631m e H 489,073m e a estação 96153 N 7150414,756m E 294021,679m e H 511,542m. Foi realizado uma comparação entre os resultados da estação 96153 do trabalho com o relatório da estação geodésica do IBGE, onde observou-se uma discrepância alta, principalmente no valor da altitude ($\Delta H = \pm 2,758$ m).

Palavras-chaves: GNSS; Geodésica; Coordenadas UTM.

ABSTRACT

The static relative positioning is one of the practices offered by the global navigation satellite system and allows to determine any position on the terrestrial globe. This work aims to determine ellipsoidal coordinates of geodetic landmarks in the municipality of Dois Vizinhos – Paraná, Brazil, to be made available as support landmarks for scientific and professional work in the region. For this, the landmark approved by the IBGE, called station 96153 was defined as a reference mark for the other points determined. In addition, reference stations of the Brazilian Network for Continuous Monitoring (RBMC) were used. The landmarks from which the coordinates were determined are located at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), which are UTFPR 01 and UTFPR 02. Another landmark is located in the urban area of the municipality, in the Emergency Care Unit (UPA), in the Sagrada neighborhood Family. According to the criteria established by the IBGE, the static relative positioning technique was used, where the reference receiver and the point of interest remained stationary tracking simultaneously for at least 6 hours, in four sessions. Data processing was carried out in relation to the stations belonging to the RBMC of Guarapuava (PRGU), Foz do Iguaçu (ITAI), Maringá (PRMA) and Chapecó (SCCH). Station 96153 was not used for processing the landmarks, UTFPR01 and UTFPR02 because it is a very compromised reference station due to its obstructions around the landmark, indicating a higher error when compared to the results obtained by the RBMC. For the processing and adjustment of field data, the Trimble Business Center software was used. The comparative result of the UPA landmark when processed in relation to the RBMC bases and station 96153, resulted in a positioning discrepancy of $\Delta N = \pm 0.075$ m, $\Delta E = \pm 0.242$ m and $\Delta H = \pm 0.857$ m. Whereas the baseline between station 96153 and the UPA landmark has a short baseline, about 1.5 km. However, the obstruction situation of benchmark 96153 resulted in errors greater than the standard deviation allowed by the norm. While the baseline between the UPA landmark and the RBMC stations considered long, that is, greater than 100km, resulted in minimal errors compared to the standard established by Brazilian legislation for this type of positioning. It is concluded that

the UTM plane-Cartesian coordinates, spindle 22 S, SIRGAS 2000 of each landmark are: UTFPR01 N 7155400.163m E 289451.357m and H 554.600m; UTFPR02 N 7155427.670m E 289435,482m and H 556.526m; UPA N 7149515.330m E 292797.631m and H 489.073m and station 96153 N 7150414.756m E 294021.679m and H 511.542m. A comparison was made between the results of the 96153 work station with the IBGE geodetic station report, where a high discrepancy was observed, mainly in the altitude value ($\Delta H = \pm 2.758$ m).

Keywords: GNSS; Geodesic; Coordinates UTM.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa das redes do Sistema Geodésico Brasileiro 2020..... | 21 |
| Figura 2 – Rede Planimétrica do SGB.. | 22 |
| Figura 3 – Rede Altimétrica do SGB. | 23 |
| Figura 4 – Rede Gravimétrica do SGB..... | 24 |
| Figura 5 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS. 25 | |
| Figura 6 – Posicionamento relativo. | 28 |
| Figura 7 – Constelação de satélites do sistema GPS. | 31 |
| Figura 8 – Segmento espacial do GLONASS..... | 34 |
| Figura 9 – Segmento espacial do BeiDou.. | 35 |
| Figura 10 – Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas | 37 |
| Figura 11 – Mapa de localização..... | 38 |
| Figura 12 – Marco geodésico estação 96153 RN 1726F (A) Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (B) Marco Municipal (C) Marco Prefeitura. Fonte: A autora (2018)..... | 39 |
| Figura 13 – (A) Antigo marco geodésico (UTFPR01), (B) Novo marco geodésico (UTFPR02) e (C) marco UPA..... | 39 |
| Figura 14 – (A) GNSS (B) Controladora..... | 41 |
| Figura 15 – Posicionamento Relativo Estático, (A) Base de referência estação 96153 (B) Rover Marco UPA..... | 41 |
| Figura 16 – Posicionamento da UPA em relação as bases RBMC. | 43 |
| Figura 17 – Obstruções entorno da estação 96153, (A) Árvores arredores (B) Monumento e edificação próximos ao receptor GNSS..... | 53 |
| Figura 19 – Resumo de rastreamento dos satélites do dia 18/10/2021 estação 96153. | 63 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Principais características do sistema GNSS. | 26 |
| Tabela 2 – Precisão dos métodos de posicionamentos. | 29 |
| Tabela 3 – Precisão do posicionamento relativo em função do comprimento da linha de base, tempo de observação e equipamento utilizado. | 30 |
| Tabela 4 – Erros no posicionamento GPS. | 33 |
| Tabela 5 – Data dos rastreios de cada marco. | 42 |
| Tabela 6 – Arquivos de cada marco. | 51 |
| Tabela 7 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da estação 96153 com base a RBMC. | 52 |
| Tabela 8 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a RBMC. | 54 |
| Tabela 9 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a estação 96153. | 55 |
| Tabela 10 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR01 com base a RBMC. | 56 |
| Tabela 11 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR02 com base a RBMC. | 57 |
| Tabela 12 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 14 de outubro de 2021. | 59 |
| Tabela 13 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 16 de outubro de 2021. | 60 |
| Tabela 14 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 18 de outubro de 2021. | 60 |
| Tabela 15 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 19 de outubro de 2021. | 61 |
| Tabela 16 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 14 de outubro de 2021. | 61 |
| Tabela 17 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 16 de outubro de 2021. | 62 |

| | |
|---|----|
| Tabela 18 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - RBMC. | 64 |
| Tabela 19 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - Estação 96153. | 64 |
| Tabela 20 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021. | 66 |
| Tabela 21 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021. | 67 |
| Tabela 22 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021. | 67 |
| Tabela 23 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021. | 68 |
| Tabela 24 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021. | 68 |
| Tabela 25 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021. | 69 |
| Tabela 26 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021. | 69 |
| Tabela 27 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021. | 70 |
| Tabela 28 – Análise descritiva UTFPR01..... | 72 |
| Tabela 29 – Análise descritiva UTFPR02..... | 72 |
| Tabela 30 – Análise descritiva UPA. | 73 |
| Tabela 31 – Análise descritiva Estação 96153..... | 73 |
| Tabela 32 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UPA..... | 74 |
| Tabela 33 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da Estação 96153. | 74 |
| Tabela 34 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR01.... | 74 |
| Tabela 35 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR02. ... | 75 |
| Tabela 36 - Análise de discrepância entre o levantamento e o relatório do IBGE. | 75 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| AS | Anti-Spoofing |
| BDG | Bancos de Dados Geodésicos |
| BeiDou | Sistema de Navegação Regional Chinês. |
| C/A | Coarse/Aquisition. |
| CNG | Conselho Nacional de Geografia |
| GLONASS | Global Navigation Satellite Systems |
| GNSS | <i>Global Navigation Satellite System</i> |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IGS | <i>International GNSS Service</i> |
| INCRA | Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária |
| INDE | Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| P | Precision |
| PDOP | <i>Positional Dilution of Precision</i> |
| PRN | <i>Pseudo Random Noise</i> |
| RBMC | Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo |
| RINEX | <i>Receiver Independent Exchange</i> |
| RMS | <i>Root Mean Square</i> |
| SA | <i>Selective Availability</i> |
| SBAS | Satellite Based Augmentation System |
| SGB | Sistema Geodésico Brasileiro |
| SGR | Sistema Geodésico de Referência |
| SIRGAS | Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas |
| TBC | Trimble Business Center |
| UPA | Unidade de Pronto Atendimento |

UTFPR

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UTM

Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 19 |
| 2. OBJETIVO..... | 20 |
| 2.1. Objetivo Geral..... | 20 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 20 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 3.1. Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)..... | 21 |
| 3.1.1. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) | 24 |
| 3.2. Sistema Global de Navegação por Satélite – GNSS | 26 |
| 3.2.1. Posicionamento relativo..... | 27 |
| 3.2.2. Sistema de Posicionamento Global – GPS..... | 30 |
| 3.2.3. GLONASS..... | 34 |
| 3.2.4. BeiDou | 35 |
| 3.3. Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 36 | |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 37 |
| 4.1. Fluxograma das Atividades | 37 |
| 4.2. Localização da área de estudo..... | 37 |
| 4.3. Metodologia | 38 |
| 4.3.1. Definição do ponto de referência | 38 |
| 4.3.2. Aquisição de dados de campo com equipamento GNSS..... | 40 |
| 4.3.3. Processamento e Ajustamento dos Dados | 42 |
| 4.3.3.1. Processamento estação 96153 em relação à RBMC. 43 | |
| 4.3.3.2. Processamento UPA em relação à RBMC. | 44 |
| 4.3.3.3. Processamento estação 96153 em relação à UPA. .. | 44 |
| 4.3.3.4. Processamento UTFPR01 em relação à RBMC..... | 45 |
| 4.3.3.5. Processamento UTFPR02 em relação à RBMC..... | 46 |
| 4.3.4. Cálculo da precisão do posicionamento..... | 46 |
| 4.3.5. Análise descritiva..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 49 |
| 5.2. Aquisição de dados do campo com GNSS..... | 49 |
| 5.3. Pós-processamento e ajustamento | 51 |
| 5.3.1. Comparativo da base UPA com as bases RBMC e a estação 96153 59 | |
| 5.3.2. Processamento linha de base UTFPR01 e UTFPR02 | 66 |
| 5.3.3. Análise descritiva dos marcos..... | 71 |
| 5.4. Coordenadas finais..... | 74 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 77 |
| 7. REFERÊNCIAS | 78 |
| ANEXOS | 81 |
| ANEXOS I | 82 |
| ANEXO II | 85 |

1. INTRODUÇÃO

Antigamente, era árduo o trabalho para determinar qualquer posição no globo, por muito tempo eram utilizados como orientação, sol, planetas e estrelas. Atualmente, já é uma tarefa relativamente fácil de ser realizada, devido as melhorias tecnológicas que ocorreram ao longo dos anos.

Ultimamente, vários avanços tecnológicos permitiram o surgimento de uma nova geração de equipamentos de medições topográficas e geodésicas, tais como, estação total, nível, scanner e trenas a laser, ecobatímetros, sistemas de medição por satélite, incluindo sistemas de posicionamento global (GPS) e RTK.

A revolução tecnológica provocou uma mudança na utilização da tecnologia GNSS (*Global Navigation Satellite System*), tanto nas atividades de navegação, quanto de posicionamento. Por meio desta tecnologia os trabalhos se tornaram mais rápidos e econômicos, além de sua confiabilidade.

O sistema de posicionamento global, conhecido como GPS, sendo ele um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, teve como objetivo atender aos interesses da força militar americana. Atualmente, é empregado para o auxílio à navegação em três dimensões, sendo essa navegação em tempo real, de rápida obtenção das informações e transmitido pelos satélites.

Nesse contexto, a utilização das Geotecnologias se tornou obrigatório para estudos relacionados à Gestão de Recursos Florestais, podendo influenciar, inclusive, a estrutura de uma floresta. Sendo assim, atualmente ela vem sendo uma ferramenta fundamental para qualquer tomada de decisão e projetos florestais, civis, entre outros.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Com este trabalho pretendeu-se determinar as coordenadas elipsoidais de marcos geodésicos implantados no município de Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. A partir disso, verificar a qualidade das coordenadas já homologadas pelo IBGE para a estação de referência 96153, para que esta sirva como apoio geodésico além de topográfico. E também, desenvolveu-se uma análise das coordenadas de novos marcos geodésicos que podem servir como apoio geodésico, tendo como bases as estações de referência 96153 e demais estações da RBMC, considerando a geometria de distribuição espacial das mesmas.

2.2. Objetivos Específicos

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Identificar os marcos geodésicos, já implantados no município de Dois Vizinhos e que serão alvo de estudo nesse trabalho considerando sua importância para trabalhos de pesquisa e profissionais na região;
- Implementar a coleta de dados campo, conforme normativa brasileira para estabelecimento de coordenadas oficiais de marcos geodésicos;
- Avaliar a qualidade das coordenadas da estação de referência 96153 como apoio geodésico, a partir de nova ocupação e utilizando como referência as bases da RBMC;
- Avaliar a qualidade dos resultados obtidos para os pontos já implantados no município e estabelecidos para esta pesquisa, para serem utilizados como apoio geodésico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

Atualmente a utilização do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) (Figura 1) é indispensável para elaboração de trabalhos envolvendo geoprocessamento e cartografia. No ano de 1944 o primeiro sistema foi implantado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O SGB é definido a partir da implantação de conjuntos de pontos geodésicos distribuídos em toda a superfície terrestre do território brasileiro (MARINI, 2002).

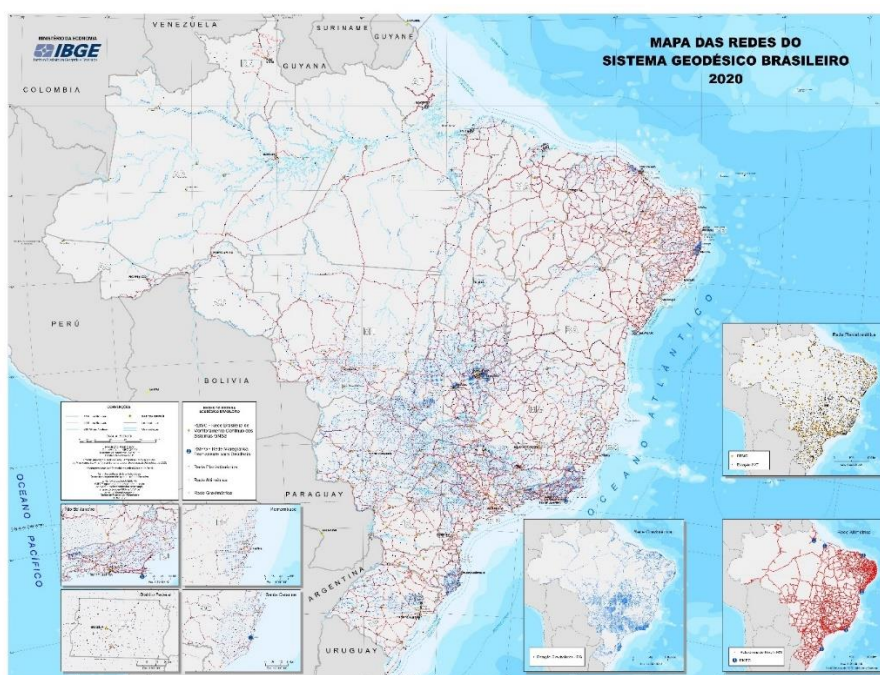


Figura 1 – Mapa das redes do Sistema Geodésico Brasileiro 2020. Fonte: IBGE (2020).

A definição, implantação e manutenção deste sistema é de responsabilidade do IBGE. Nesse contexto, o referencial altimétrico é observado pelo nível médio do mar, sendo essas observações obtidas por medidas maregráficas. No Brasil existem dois referenciais altimétricos, um na baía de Imbituba – estado de Santa Catarina e outro em Santana – estado do Amapá (IBGE, 2017).

Já as redes planimétricas, altimétricas e gravimétricas são uns dos principais componentes do SGB. A rede planimétrica (Figura 2) foi estabelecida na década de 40 para o desenvolvimento do SGB. Desta maneira, espalharam-se cadeias de triangulação em quase todo território brasileiro, possibilitando projetos de densificação pela poligonação e técnicas de posicionamento pelo *Global Navigation Satellite System* (GNSS) (IBGE, 2017).



Figura 2 – Rede Planimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019).

No início de 1945 a rede altimétrica teve o seu estabelecimento no extremo sul do Brasil, sob coordenação do Conselho Nacional de Geografia – CNG (ALENCAR, 1990) e sua progressão para todo o território brasileiro estendeu-se até meados dos anos 1970. A nova configuração da rede altimétrica, agora denominada Rede Altimétrica de Alta Precisão (Figura 3), teve início do seu estabelecimento em 2011. Essa nova rede recebeu inferência de novas medições, dados gravimétricos e reajuste de toda a rede. Com isso, a

rede Altimétrica de Alta Precisão oferece referência para qualquer tipo de posicionamento vertical, tendo em vista que novas linhas de nivelamento são associadas à rede e com novas metodologias e processamentos e as altitudes são devidamente recalculadas e ajustadas (IBGE, 2019). As informações são divulgadas no Banco de Dados Geodésicos – BDG, no site do IBGE, contudo, o instituto certifica a integridade, consistência e confiabilidade das informações fornecidas.



Figura 3 – Rede Altimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019).

Durante a década de 1950 o IBGE proporcionou um programa de estabelecimento do *datum* (Sistema Geodésico de Referência - SGR) horizontal no Brasil, foram determinadas 2000 estações gravimétricas (Figura 4). A partir de 1990 o IBGE inseriu 26000 estações gravimétricas nas regiões que continham grandes vazios de informações de aceleração da gravidade (IBGE, 2019).



Figura 4 – Rede Gravimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019).

3.1.1. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)

O IBGE implantou no ano 1996 a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), sendo esta uma rede que possui estações de coleta permanente de dados GNSS. Esta rede está ligada ao Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS) e utiliza o *datum* WGS84 (World Geodetic System 1984) e o elipsoide SGR 1980 (CARVALHO, 2003). Atualmente, segundo INDE (2020), existem 112 estações de rastreamento da RBMC distribuídas por todo território brasileiro e nas capitais dos estados ao menos uma estação está implantada (Figura 5).

Esta rede tem como objetivo a materialização da estrutura geodésica no Brasil, além de servir de ligação com redes geodésicas internacionais. Estas estações representam pontos de coordenadas conhecidas e fazem parte do

SGB. Desta forma, o usuário do sistema pode utilizar as estações como ponto base, dispensando a necessidade de empregar um receptor GNSS neste ponto, e mesmo assim obter dados de qualidade e com confiabilidade, proporcionando análises de grande qualidade e precisão (IBGE, 2017).



Figura 5 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS.

Fonte: IBGE (2019).

A RBMC, segundo o IBGE (2017), é um sistema de controle ativo trabalhando em conjunto estações com receptores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) de frequência L1 e L2, possuindo o rastreamento durante 24 horas, todos os dias. As estações funcionam como base para levantamentos, dando garantia de disponibilidade ao usuário e oferecendo dados para pós-processamento.

3.2. Sistema Global de Navegação por Satélite – GNSS

Na década de 70 teve início o sistema global de navegação por satélite, determinando a posição, tempo e velocidade de um ponto na superfície através do conjunto antena-receptor, independente da sua localização no mundo e as condições atmosféricas (MONICO, 2008; SEEBER, 2003). O GNSS envolve um sistema de posicionamento a partir de uma ou mais constelações de satélites de sistemas globais de navegação. O Global Positioning System (GPS), dos Estados Unidos da América, e o *Global Navigational Satellite System* (tradução para inglês do russo) (GLONASS), da Rússia, foram pioneiros, sendo os que possuem constelação completa e operantes a nível global. Os outros sistemas ativos são o sistema europeu Galileo e o sistema chinês BeiDou. A tabela 1 indica as principais características dos 4 sistemas globais.

Tabela 1 – Principais características do sistema GNSS.

| Parâmetro | GPS | GLONASS | Galileo | BeiDou |
|-----------------------------|-------------|---------------|--------------|--------------|
| | EUA | Rússia | Europa | China |
| Constelação nominal | 24 | 24+3 | 24+6 | 27 MEO |
| Satélites operacionais | 31 | 24 | 22 | 21 MEO |
| Planos orbitais | 6 | 3 | 3 | 3 |
| Inclinação | 55° | 64,8° | 56° | 55° |
| Altitude (km) | 20200 | 19100 | 23222 | 21500 |
| Frequências (MHz) | | | E1: 1575,42 | |
| | L1: 1575,42 | L1: 1597-1617 | E5a: 1176,45 | B1: 1561,098 |
| | L2: 1227,60 | L2: 1240-1260 | E5b: 1207,14 | B2: 1207,14 |
| | L5: 1176,45 | L3: 1202,025 | E5: 1191,795 | B3: 1268,52 |
| | | E6: 1278,75 | | |
| Identificação dos satélites | CDMA | FDMA/CDMA | CDMA | CDMA |

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| Efemérides | Elementos keplerianos | PVT | Elementos keplerianos | Elementos keplerianos |
| Sistema de referência | WGS84 | PZ-90 | GTRF | CGCS2000 |

Nota: MEO (*Medium Earth orbits*); CDMA (*Code Division Multiple Access*); FDMA (*Frequency Division Multiple Access*); PVT (Position, Velocity and Precise Time). Fonte: Adaptado de Langley, Teunissen e Montenbruck (2017).

O termo GNSS tem por finalidade agrupar sob essa designação os sistemas de posicionamento por satélites artificiais de cobertura mundial, formando uma constelação que propicia a cobertura de toda a superfície terrestre com no mínimo 4 satélites disponíveis a qualquer tempo. Para a determinação das coordenadas de um ponto empregam-se os dados de rastreamento de no mínimo 3 satélites, sendo que o quarto satélite é utilizado para sincronizar o tempo, pois não há sincronismo entre o relógio do receptor do usuário e o relógio do satélite, devido aos diferentes materiais utilizados na fabricação (DOMPIERI, et al 2015).

A metodologia de posicionamento relativo pelo GNSS pode-se empregar em diferentes procedimentos e técnicas, tais como, podem ser vistos a seguir (INCRA, 2013).

3.2.1. Posicionamento relativo.

Nesta técnica podem-se determinar as coordenadas de um ponto desconhecido ou ponto de interesse a partir de um ponto com coordenadas conhecidas e utilizado como ponto base ou ponto de referência. Para isso empregam-se dois ou mais receptores GNSS que coletarão simultaneamente dados da constelação de satélites disponíveis naquele local devendo ao menos um dos receptores ocupar um ponto de referência, ou seja, um ponto com coordenada conhecida que denomina-se base (Figura 6) (INCRA, 2013).

O posicionamento relativo pelo GNSS pode ser realizado em diferentes procedimentos e metodologias, tais como: posicionamento relativo, relativo estático, relativo estático-rápido e relativo semicinemático (*stop and go*) e relativo cinemático (INCRA, 2013).

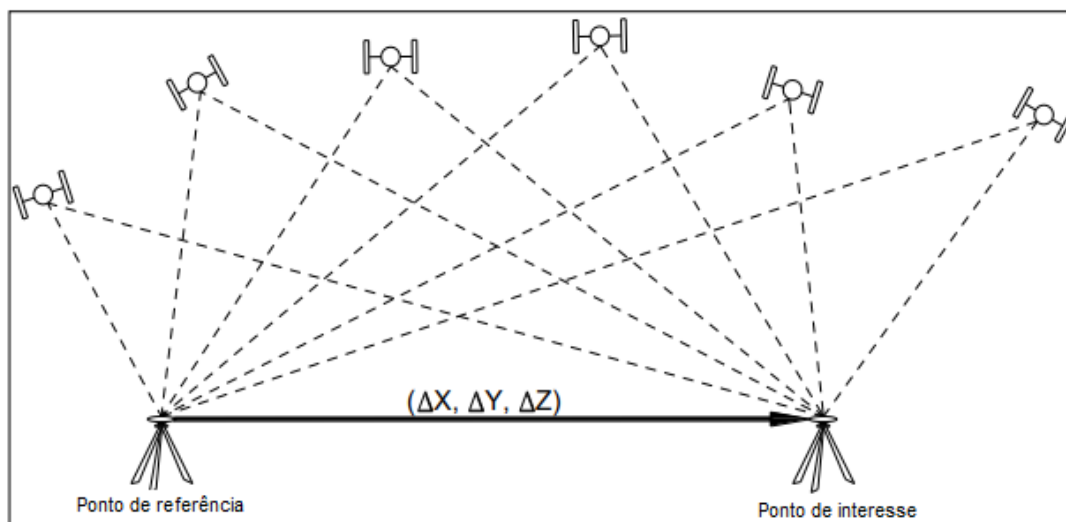


Figura 6 – Posicionamento relativo. Fonte: Adaptado do INCRA (2013).

- a) Posicionamento relativo estático: nesta técnica de campo os dados são coletados com um receptor GNSS instalado no ponto de referência e outro receptor ocupando o ponto de interesse. Ambos os receptores permanecem estacionários durante todo o levantamento, podendo durar a coleta de dados de uma hora a várias horas, sendo esse tempo determinado em função das distâncias entre ambos os receptores, o que denomina-se linha de base. Para os levantamentos com linhas de base curtas, ou seja, inferiores a 10 km, o tempo de permanência varia de 30 min a 1 h. Já para linhas de base longas, acima de 100 km, o tempo de permanência indicado é de 2 a 6 horas e utilizando receptores de dupla frequência (L1 e L2) (IBGE, 2008).
- b) Posicionamento relativo estático-rápido: esta técnica é similar a técnica estática, diferenciando-se pelo intervalo de tempo da coleta de dados, que deve variar de 5 a 20 minutos. Esta técnica é uma alternativa quando se deseja alta produtividade em locais onde não há obstruções (INCRA, 2013).
- c) Posicionamento relativo semicinemático (*stop and go*): esta técnica de campo é utilizada para coleta de dados pontuais e contínuas

simultaneamente, por exemplo, pontos cadastrais e linhas de divisa. Neste procedimento um receptor ocupa o ponto de referência (base) e outro(s) receptor(es) ocupa(m) demais pontos de interesse. O tempo de permanência para determinação de pontos é de 1 a 2 minutos de forma estática sobre o ponto de interesse, na sequência do levantamento inicia-se o caminhamento até o próximo ponto de interesse, formando assim uma linha de caminhamento. É indicado para locais com poucas obstruções (INCRA, 2013).

- d) Posicionamento relativo cinemático: para execução desta técnica, enquanto o receptor do ponto de referência permanecer estático e o receptor de interesse permanece em movimento durante todo o levantamento (IBGE, 2008).

A precisão obtida pelos diferentes métodos de posicionamento citados é indicada tabela 2.

Tabela 2 – Precisão dos métodos de posicionamentos.

| | Método | Observação | Precisão (nível de confiança de 68,2 %) |
|----------|-----------------|---------------------------|--|
| Relativo | Estático | DD pseudodistância e fase | 0,01 a 1 ppm |
| | Estático-rápido | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |
| | Semicinemático | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |
| | Cinemático | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |

Fonte: IBGE, 2008.

Em decorrência da grande dificuldade em definir valores que representam a precisão do posicionamento geodésico com GPS, os pesquisadores estão em busca da melhor maneira para obter valores confiáveis para a precisão posicional em função do comprimento da linha de base, tempo de observação e o tipo de equipamento utilizado (L1 ou L1/L2) (IBGE, 2008).

Em princípio, para que o usuário possa planejar seus levantamentos e obter a melhor precisão, deve-se levar em consideração os parâmetros apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Precisão do posicionamento relativo em função do comprimento da linha de base, tempo de observação e equipamento utilizado.

| Linha de Base (km) | Tempo de observação | Equipamento Utilizado | Precisão |
|---------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------|
| 0 – 5 | 5 – 10 min | L1 ou L1/L2 | 5 – 10 mm + 1ppm |
| 5 – 10 | 10 – 15 min | L1 ou L1/L2 | 5 – 10 mm + 1ppm |
| 10 – 20 | 10 – 30 min | L1 ou L1/L2 | 5 – 10 mm + 1ppm |
| 20 – 50 | 2 – 3 h | L1/L2 | 5 mm + 1ppm |
| 50 – 100 | mínimo 3 h | L1/L2 | 5 mm + 1ppm |
| >100 | mínimo 4 h | L1/L2 | 5 mm + 1ppm |

Fonte: IBGE, 2008.

3.2.2. Sistema de Posicionamento Global – GPS

O sistema GPS é resultado de uma fusão de dois programas financiados pelos EUA, inicialmente sob a responsabilidade da Marinha e Força Aérea e declarado operacional em abril de 1995. Este sistema permite determinar a velocidade de um ponto ou a sua posição na superfície terrestre ou próximo a ela a partir de observações à satélites artificiais (DOMPIERI et al., 2015). Atualmente o sistema é monitorado e controlado pela Força Espacial dos Estados Unidos (AFE).

O sistema é composto por uma constelação nominal de 24 satélites em operação, transmitindo sinais de rádio aos usuários, sendo que esse sistema possui 31 satélites operacionais (Figura 7) (SEEBER, 2003). O sistema passou por projetos de modernização, sendo as atualizações nos centros de controle e

nos blocos de satélites. Dentre estas alterações, houve a desativação da disponibilidade seletiva (SA – *Selective Availability*) em 2000, a qual fazia com que os sinais transmitidos para usos civis eram degradados como forma de segurança nacional. Outra alteração foi a inclusão de novas estações ao segmento de controle (MONICO, 2008).

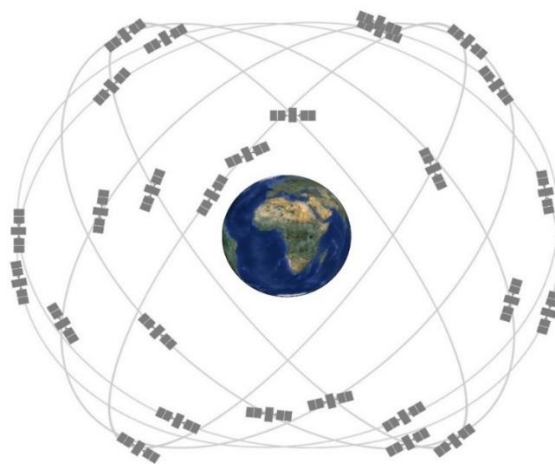


Figura 7 – Constelação de satélites do sistema GPS. Fonte: GPS, 2019.

Em relação as frequências de transmissão dos sinais deste sistema, são denominadas L1 (1575,42 MHz) e a L2 (1227,60 MHz), ambas derivadas da frequência fundamental do sistema de 10,23 MHz. As duas frequências são geradas, moduladas e transmitidas nas mensagens de navegação, o que permite através de algoritmos do sistema corrigir grande parte dos efeitos provocados pela ionosfera. Junto as frequências são moduladas os códigos pseudoaleatórios (PRN – *Pseudo Random Noise*), diferenciados em dois tipos de códigos, P (*Precise* ou *Protected*) e C/A (*Course/Acquisition*) (MONICO, 2008).

A melhoria da precisão do posicionamento está relacionada a capacidade do receptor em receber as frequências L1 e L2, simultaneamente, denominados receptores geodésicos. Já os receptores topográficos decodificam apenas a frequência L1.

O sistema GPS é estabelecido em três segmentos: espacial, controle e usuário (MONICO, 2008):

- 1) Segmento espacial, constitui-se de uma constelação de satélites que orbitam a Terra transmitindo os sinais usados no posicionamento, são distribuídos em 6 diferentes órbitas inclinadas em 55° em relação ao Equador.
- 2) Segmento de controle, é responsável pelo monitoramento e controle contínuo do sistema de satélites. É neste segmento que são realizadas as análises de estabilidade do sistema, são emitidos comandos para funcionamento da constelação dentro de suas órbitas, feita a decodificação das efemérides emitidas pelos satélites, além da realização do cálculo das correções dos relógios dos satélites. As estações monitoradoras possuem receptores de alta precisão, rastreando os sinais e enviando os dados gerados para a estação central diariamente.
- 3) Segmento de usuário é associado ao receptor, sendo que os receptores são utilizados conforme a necessidade do usuário, como navegação, geodésia, agricultura de precisão ou qualquer outra atividade que requeira posicionamento espacial na superfície terrestre.

De acordo com Seeber (2003), os principais componentes de um receptor GPS são:

- antena com pré-amplificador;
- seção de radiofrequência para identificação e processamento do sinal;
- microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento de dados;
- oscilador;
- interface para o usuário, painel de exibição e comandos;
- provisão de energia; e
- memória para armazenar os dados.

As ondas eletromagnéticas detectadas pela antena são emitidas pelos satélites, convertidas a energia da onda em corrente elétrica, amplificando o sinal e que é enviado para o receptor. Em levantamentos geodésicos, a antena garante alta estabilidade e proteção dos sinais refletidos (MONICO, 2008).

Pode-se citar algumas fontes de erros no posicionamento com GPS, aponta Monico (2000), tais como: satélite, propagação do sinal, receptor/antena e estação. A tabela 4 apresenta alguns dos erros que interferem diretamente no posicionamento.

Tabela 4 – Erros no posicionamento GPS.

| Fontes | Erros |
|---------------------|---|
| Satélite | Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite |
| | Erro de órbita |
| | Erro do relógio |
| Propagação do sinal | Refração troposférica |
| | Refração ionosférica |
| | Perdas de ciclos |
| | Multicaminho |
| Receptor/antena | Erro do relógio |
| | Erro entre os canais |
| | Variação do centro de fase da antena |
| Estação | Erro nas coordenadas |
| | Multicaminho |

Fonte: Monico, 2000.

As efemérides disponibilizam informações da posição dos satélites e relógios, elas trazem as coordenadas dos satélites expressas em elementos keplerianos. Também são transmitidos coeficientes que descrevem a ionosfera e podem ser utilizados para a correção do atraso ionosférico por usuários de simples frequência. O IGS (*International GNSS Service*) é responsabilizado

pelas efemérides precisas, reunindo dados de diversos centros de análise para a produção de arquivos (SETTI JÚNIOR, 2019).

3.2.3. GLONASS

Global Navigational Satellite System (GLONASS) teve início na década de 70 sendo criado para proporcionar posicionamento 3D e informações de tempo, em níveis globais e regionais. Atualmente é desenvolvido e operado pela *Russian Federation Space Forces*, sendo um sistema militar, mas após alguns acordos do governo russo passou a ser disponibilizado para o uso civil (MONICO, 2008). A figura 8 representa seu segmento espacial, seu primeiro satélite foi lançado em 1982 e entrou em operação em 1993.



Figura 8 – Segmento espacial do GLONASS. Fonte: Kaplan e Hegarty (2006).

Segundo Monico (2008), o GLONASS é dividido em três segmentos: controle, usuários e espacial. O segmento espacial consiste em uma constelação de vinte e quatro satélites e três de reserva, distribuídos em três planos orbitais, cada um com 8 satélites. O segmento de controle é composto por uma base de controle central, central para sincronização de tempo, estações de comando e rastreamento. O segmento de usuários está associado aos receptores e seus usuários.

O sistema GLONASS transmite sinais em duas bandas codificadas em frequências L1 e L2, formadas por dois códigos binários e mensagens de navegação (MONICO, 2008). Como as frequências do GPS e do GLONASS são

próximas, Seeber (2003) relata que é possível utilizar uma antena combinada e um amplificador comum no mesmo equipamento, sendo que somente o processamento do sinal é diferente e requer ajustes.

3.2.4. BeiDou

O BeiDou *Navigation Satellite System*, aponta Monico (2008), que teve início em 1983, com o objetivo de utilização de satélites geoestacionários para a melhora do seu sistema de navegação e posicionamento. Seu primeiro satélite foi lançado no ano 2000, e atualmente opera uma constelação de 35 satélites, sendo que 30 estão em órbita ao redor da Terra e 5 geoestacionários (Figura 9).



Figura 9 – Segmento espacial do BeiDou. Fonte: BeiDou (2018).

Os satélites do BeiDou transmitem sinais de navegação numa frequência de 2491,75 MHz e o equipamento do usuário transmite de volta em 1615,68 MHz, muito semelhante as frequências dos sistemas já citados (GROVES, 2008).

3.3. Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

Este sistema de projeção é definido como uma projeção cilíndrica transversa de representação global da superfície terrestre, graças as diversas posições que o cilindro pode assumir com esse objetivo. As coordenadas plano-retangulares geradas por essa projeção constroem cartas de grande a média escalas, e são divididas em 60 fusos distintos com amplitude de 6° de longitude cada e limitados pelos paralelos 84°N e 80°S. A projeção UTM utiliza como unidade de medida o metro (CERQUEIRA, 1991).

A característica desta projeção cilíndrica conforme é a preservação dos ângulos das figuras representadas, sendo que a forma é inalterada na representação. Com isso, existe uma facilidade de obtenção de medidas de distância em objetos por ela projetados. (MIRANDA, 2005).

No Brasil temos o fuso 18 passando pelo Acre até o fuso 25 em Fernando de Noronha. Pode-se identificar o fuso a partir da numeração de seu Meridiano Central que fica exatamente no centro do fuso (CEUB/ICPD, 2021).

A cada sistema de projeção associa-se um sistema de coordenadas, sendo que para o sistema UTM a origem das abscissas, eixo E (Leste), é a linha imaginária que representa o Meridiano Central do fuso em questão. Já a origem das ordenadas, eixo N (Norte) é a linha imaginária que representa a linha do Equador. A contagem dessas coordenadas foi elaborada para que nos hemisférios Sul e Norte não houvesse coincidência de coordenadas N e tão pouco coordenadas negativas. Sendo assim, para o hemisfério Sul a contagem inicia-se na linha do Equador com 10.000.000m e decrescendo no sentido do Polo Sul. E para o hemisfério Norte, inicia-se na linha do Equador com 0,00 m e crescendo em direção ao Polo Norte. Já para o eixo E, as coordenadas iniciam no Meridiano Central do fuso em questão com 500.00,00 m e decrescendo na direção oeste até a borda do fuso com aproximadamente 250.000,00m. No sentido oposto, ou seja, para leste as coordenadas crescem na mesma proporção chegando na borda oriental do fuso com 750.000,00 m aproximadamente. (CERQUEIRA, 1991).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Fluxograma das Atividades

O presente trabalho foi desenvolvido de acordo com o fluxograma apresentado na figura 10.

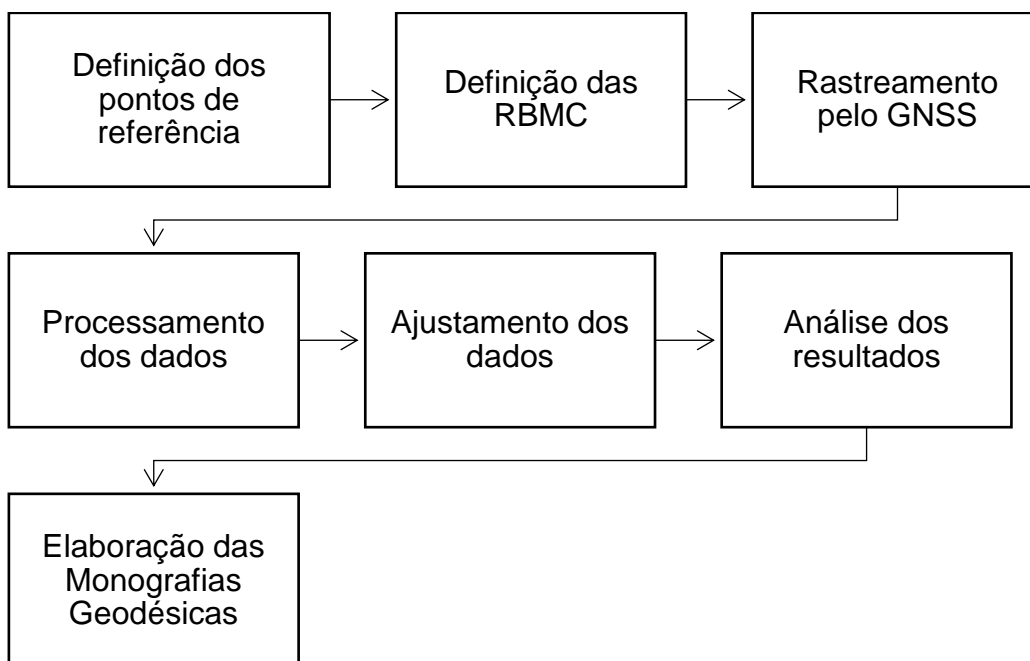


Figura 10 – Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas. Fonte: A autora (2021).

4.2. Localização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Dois Vizinhos – Paraná (Figura 11), com as seguintes coordenadas geográficas aproximadas 25° 44' 59" Sul e 53° 03' 12" Oeste, com altitude de aproximadamente 515 m, conforme o relatório do IBGE para a estação 96153.

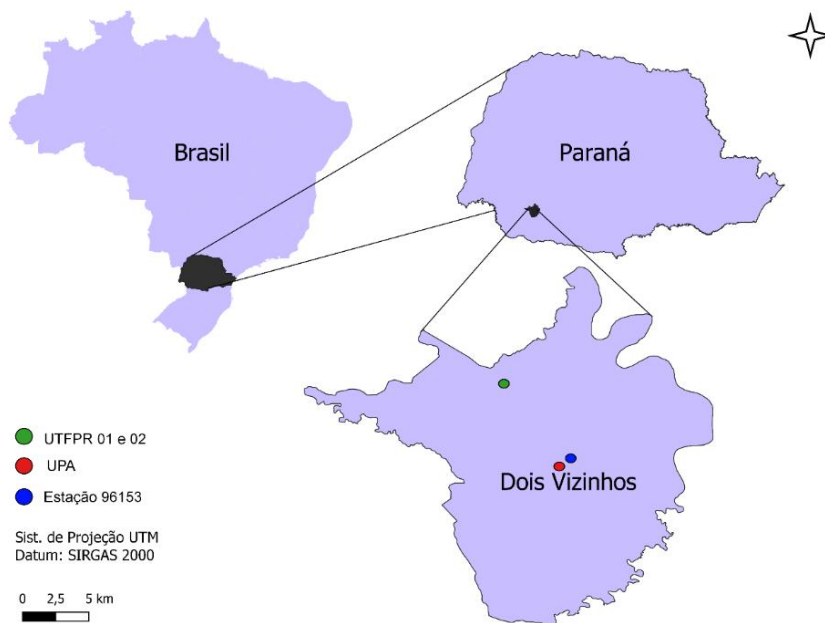


Figura 11 – Mapa de localização. Fonte: A autora (2021).

4.3. Metodologia

4.3.1. Definição do ponto de referência

Para isso verificou-se junto ao IBGE, estações homologadas no município. Foram listadas um total de treze estações, no entanto, apenas a estação 96153 foi localizada na região do município (Anexo II). Sendo esta situada na entrada principal da Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (Figura 12).



Figura 12 – Marco geodésico estação 96153 RN 1726F (A) Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (B) Marco Municipal (C) Marco Prefeitura. Fonte: A autora (2018).

Como objetivo deste trabalho definiu-se determinar as coordenadas elipsoidais de marcos geodésicos implantados no município de Dois Vizinhos. Sendo que um encontra-se em frente ao laboratório de Fisiologia Vegetal na UTFPR denominado como marco de referência UTFPR01 e também o marco de referência localizado atrás do bloco K1 da UTFPR denominado UTFPR02. Também foi escolhido o ponto de apoio que se encontra na Unidade de Pronto Atendimento (UPA) na região centro sul do município (Figura 13).

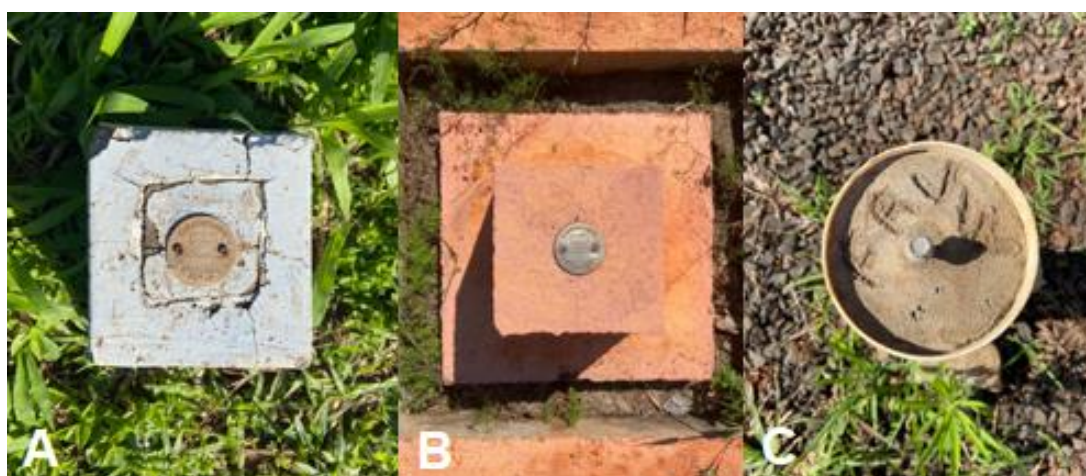


Figura 13 – (A) Antigo marco geodésico (UTFPR01), (B) Novo marco geodésico (UTFPR02) e (C) marco UPA. Fonte: A autora (2021).

4.3.2. Aquisição de dados de campo com equipamento GNSS.

O levantamento de campo foi realizado com um auxílio de dois receptores GNSS A90 RTK de 336 canais, da marca FOIF (Figura 14). Visando o objetivo deste trabalho, é importante ressaltar as informações abaixo:

- Precisão autônoma vertical de 150 cm e horizontal de 100 cm;
- Precisão em tempo real SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS) horizontal de aproximadamente 50cm e vertical de 85cm;
- Precisão DGNSS horizontal de 25cm e vertical de 50cm;
- Tempo real cinemático fino horizontal de 0,8cm e vertical de 1,5cm;
- Confiabilidade RTK de 99,9%;
- Precisão de pós-processamento (Estático e rápido estático) horizontal de 2.5mm + 0,5ppm e vertical e 5mm + 0,5ppm;
- Taxa de gravação de 0,1 a 999 segundos.

O levantamento de campo iniciou-se no dia 14 de outubro de 2021 e estendeu-se até 19 de outubro de 2021, para a estação 96153 e o marco UPA. Conforme os critérios estabelecidos no IBGE (2018) para estabelecimento de marcos geodésicos, foram realizadas quatro sessões de duração mínima de 6 horas, com intervalos médios de 30 horas entre sessões.

O levantamento iniciou-se com a instalação do receptor base (estação 96153) com suas devidas configurações, sendo elas: altura da antena, informe das coordenadas conforme o relatório do IBGE (Anexo II) e a verificação da data e horário configurados no receptor. Logo após, instalou-se o *rover* no marco UPA e realizou-se as suas configurações tais quais na estação base (Figura 15).

A metodologia adotada para o levantamento foi o posicionamento relativo estático, ou seja, o receptor de referência e do ponto de interesse permanecem rastreando simultaneamente durante todo o levantamento. O intervalo de coleta de dados foi fixado em 15 segundos e tempo de permanência no ponto 6 horas. Esta metodologia utiliza-se uma combinação linear livre de ionosfera, independente do seu comprimento e quantidade de linhas de base

envolvidas, é o método de posicionamento mais acurado com GNSS (ALMEIDA; POZ, 2016).



Figura 14 – (A) GNSS (B) Controladora. Fonte: A autora (2021).



Figura 15 – Posicionamento Relativo Estático, (A) Base de referência estação 96153 (B) Rover Marco UPA. Fonte: A autora (2021).

A coleta de dados dos marcos UTFPR01 e UTFPR02 foram realizadas entre os dias 21 de outubro de 2021 a 26 de outubro de 2021 e neste caso, ambos os pontos foram tratados como *rover* e as bases utilizadas foram as da RBMC anteriormente listadas.

Para ambos os pontos a metodologia de configuração de receptores e coleta de dados de campo foram similares ao procedimento acima descrito.

A tabela 5 apresenta as datas das coletas, sendo que os levantamentos foram divididos em 4 dias.

Tabela 5 – Data dos rastreios de cada marco.

| Coleta | Data | | | |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| | Est. 96153 | UPA | UTFPR01 | UTFPR02 |
| 1 | 14/10/2021 | 14/10/2021 | 21/10/2021 | 21/10/2021 |
| 2 | 16/10/2021 | 16/10/2021 | 22/10/2021 | 22/10/2021 |
| 3 | 18/10/2021 | 18/10/2021 | 25/10/2021 | 25/10/2021 |
| 4 | 19/10/2021 | 19/10/2021 | 26/10/2021 | 26/10/2021 |

Fonte: A autora, 2021.

4.3.3. Processamento e Ajustamento dos Dados

Os dados coletados com os receptores GNSS foram descarregados e convertidos para o formato RINEX 2.10. Na sequência, para o processamento dos dados utilizou-se o *software Trimble Business Center (TBC)*, contendo as configurações de máscara de elevação de 15° acima do horizonte, solução das ambiguidades fixas e ajustamento a nível de confiança 1 sigma.

Os processamentos dos dados coletados foram realizados individualmente para cada ponto de interesse e em relação às estações pertencente à RBMC de PRGU (Guarapuava-PR), ITAI (Foz do Iguaçu-PR), PRMA (Maringá-PR) e SCCH (Chapecó-SC). Essas estações da RBMC foram escolhidas para propiciar a melhor geometria entre elas os marcos de interesse (Figura 16). Realizou-se também processamento da UPA em relação a estação 96153, para a verificação dos resultados entre os dois processamentos.

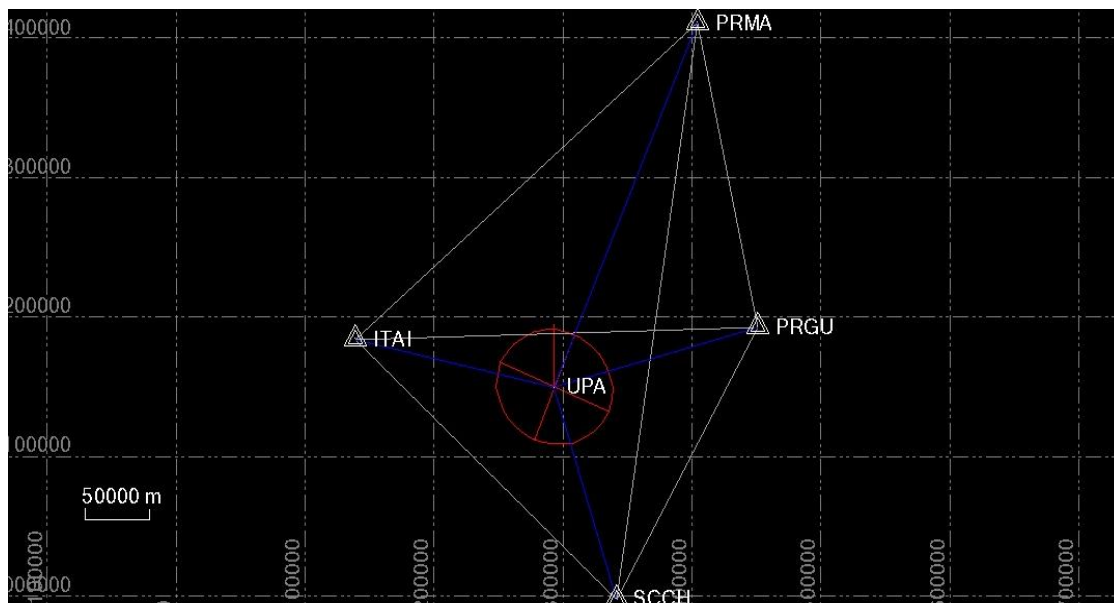


Figura 16 – Posicionamento da UPA em relação as bases RBMC. Fonte: A autora (2021).

Desde modo, foi possível processar e ajustar as informações no *software* TBC, resultando em relatórios de ajuste de rede em relação à RBMC e os marcos rastreados, relatórios de processamento das linhas de base em relação aos marcos, estação 96153 e UPA, e relatório de lista de pontos de cada marco de interesse.

4.3.3.1. *Processamento estação 96153 em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas (φ, λ e h) e coordenadas UTM (E, N e H), para comparativo com o relatório disponibilizado para esta estação junto ao IBGE. Os levantamentos correspondentes a esta estação foram realizados nos dias abaixo listados, bem como suas informações de campo:

- 14 de outubro, iniciou-se às 9h40min15seg e finalizou às 15h31min31seg, com altura da antena 1,345m;
- 16 de outubro, iniciou-se às 12h22min00seg e finalizou às 18h21min17seg, com altura da antena 1,355m;

- 18 de outubro, iniciou-se às 09h08min38seg e finalizou às 15h15min14seg, com altura da antena 1,355m;
- 19 de outubro, iniciou-se às 08h48min05seg e finalizou às 14h19min00seg, com altura da antena 1,350m;

Em todos os dias de levantamento desta estação, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

4.3.3.2. *Processamento UPA em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas (φ, λ e h) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UPA utilizando como base as estações RBMC. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 14 de outubro, iniciou-se às 10h14min41seg e finalizou às 15h42min02seg, com altura da antena 2,049m;
- 16 de outubro, iniciou-se às 12h29min03seg e finalizou às 18h38min10seg, com altura da antena 2,049m;
- 18 de outubro, iniciou-se às 08h33min32seg e finalizou às 15h27min19seg, com altura da antena 2,049m;
- 19 de outubro, iniciou-se às 08h28min42seg e finalizou às 15h01min00seg, com altura da antena 2,049m;

Em todos os dias de levantamento deste marco, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

4.3.3.3. *Processamento estação 96153 em relação à UPA.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas (φ, λ e h) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UPA tomando-se

como base a estação 96153. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 14 de outubro, iniciou-se às 10h14min41seg e finalizou às 15h31min31seg, com altura de antena na base 1,345m e na UPA 2,049m;
- 16 de outubro, iniciou-se às 12h29min03seg e finalizou às 18h21min17seg, com altura das antenas da base 1,355m e da UPA 2,049m;
- 18 de outubro, não foi possível o processamento;
- 19 de outubro, não foi possível o processamento;

No dia 14 de outubro a solução foi fixa. Já para o dia 16 a solução foi flutuante, devido a perdas de sinal durante o rastreamento. Nos dias 18 e 19 de outubro, as perdas de sinal foram significativas e não havendo dados suficientes para o processamento final da coordenada.

4.3.3.4. Processamento UTFPR01 em relação à RBMC.

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas (φ, λ e h) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UTFPR01, tendo como base as estações da RBMC. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 21 de outubro, iniciou-se às 10h08min54seg e finalizou às 16h34min20seg, com altura da antena 2,049m;
- 22 de outubro, iniciou-se às 09h24min31seg e finalizou às 16h15min44seg, com altura da antena 2,049m;
- 25 de outubro, iniciou-se às 09h03min37seg e finalizou às 15h10min46seg, com altura da antena 2,049m;
- 26 de outubro, iniciou-se às 08h24min44seg e finalizou às 15h48min56seg, com altura da antena 2,049m;

Em todos os dias de levantamento deste marco, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

4.3.3.5. *Processamento UTFPR02 em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas (φ, λ e h) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UTFPR02, tendo como base as estações da RBMC. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 21 de outubro, iniciou-se às 09h57min05seg e finalizou às 16h32min13seg, com altura da antena 1,350m;
- 22 de outubro, iniciou-se às 09h07min30seg e finalizou às 16h17min14seg, com altura da antena 1,350m;
- 25 de outubro, iniciou-se às 08h54min38seg e finalizou às 15h11min47seg, com altura da antena 1,350m;
- 26 de outubro, iniciou-se às 08h17min02seg e finalizou às 15h51min49seg, com altura da antena 1,350m;

Em todos os dias de levantamento deste marco, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

4.3.4. Cálculo da precisão do posicionamento

O cálculo da precisão planimétrica ($P_{E,N}$) foi realizado da seguinte forma:

$$P_{E,N} = \frac{\sum \overline{P_{lb}}}{n} \quad (1)$$

Onde:

$\overline{P_{lb}}$: média das precisões em função dos comprimentos das linhas de base longas;

n : número de observações.

Para o cálculo do desvio-padrão médio (2) deste posicionamento temos:

$$\bar{\sigma} = \sum \frac{((\sigma N^2 + \sigma E^2)^{1/2})}{n} \quad (2)$$

Onde:

σN = desvio-padrão da coordenada UTM Norte;

σE = desvio-padrão da coordenada UTM Leste;

n = número de observações.

4.3.5. Análise descritiva.

Após o processamento dos dados e a elaboração do relatório que o próprio *software* disponibilizou, foi possível observar as coordenadas UTM e o desvio padrão de cada dia de coleta. Dessa forma, realizou-se a análise descritiva no *software Excel*, calculando a média a priori (3), desvio-padrão (4) e média classificada (5).

$$\tilde{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \tilde{X})^2 + (x_2 - \tilde{X})^2 + \dots + (x_n - \tilde{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5)$$

Sendo: n = número de dados amostrados;

x = valor de cada amostra;

\tilde{X} = média a priori;

σ = desvio-padrão;

\bar{X} = média classificada.

Para o cálculo da média a priori, utilizou-se os valores das coordenadas (N, E e H) dos 4 dias de observações. A partir do valor obtido da média a priori foi possível calcular o desvio-padrão de cada amostra, sendo que cada amostra contém os dados dos quatro dias de observações. Também se calculou o limite superior e inferior para os valores de coordenadas de cada ponto, que foi estabelecido a partir da média a priori e do desvio-padrão. Com isso, a partir do intervalo entre os limites superior e inferior das coordenadas, fez-se a

classificação das coordenadas pertencentes a este intervalo (limite superior e inferior), então excluindo-se os valores fora do intervalo, gerou-se a média classificada.

Com base na análise descritiva foi elaborado para cada marco geodésico (UPA, UTFPR01 e UTFPR02) uma monografia contendo informações das coordenadas geodésicas e coordenadas cartesianas em SIRGAS 2000 e dentre outras informações (ANEXOS I)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Definição do ponto de referência

A definição dos pontos de referência teve como base a análise da situação de marcos geodésicos implantados no município. De acordo com o IBGE, existem 13 marcos implantados, no entanto, a maioria deles não foram localizados, somente localizou-se a estação 96153.

A estação 96153 está localizada na região urbana central do município, situado na entrada principal da Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (Figura 12). E observou-se através de visita ao local que o marco está viável para rastreamento com GNSS. Porém, também se observou a grande quantidade de obstáculos em seu entorno, tais como: árvores e o prédio da Prefeitura Municipal. Esses obstáculos podem gerar dificuldades para observação dos sinais GNSS resultando em um levantamento não confiável.

Sugere-se por esta pesquisa a implantação dos marcos UPA, UTFPR01 e UTFPR 02 para servirem de apoio geodésico no município e homologá-los juntos ao IBGE. Estes marcos citados estão localizados em áreas abertas e com mínimas obstruções.

5.2. Aquisição de dados do campo com GNSS

Nesta etapa do trabalho obteve-se como resultado um conjunto de dados do levantamento para cada ponto observado, chamados dados brutos. Esses são dados de observação e divididos em cinco extensões, conforme se demonstra a seguir para o ponto *rover* UPA do dia 14/10/2021:

Pto_upa00_R_20212871907_000_01S.21C

Pto_upa00_R_20212871907_000_01S.21G

Pto_upa00_R_20212871907_000_01S.21L

Pto_upa00_R_20212871907_000_01S.21N

Pto_upa00_R_20212871907_000_01S.21O

onde:

Pto_upa00: nome do ponto;
R: receptor GNSS;
2021: ano da coleta;
287: dia Juliano de 2021 correspondente ao dia da coleta;
C: Arquivamento de dados do relógio do satélite;
G: Arquivos com informações da constelação GLONASS;
L: Arquivos com informações da constelação GALILEO;
N: Arquivo com as mensagens de Navegação GPS;
O: Arquivo de observações armazenadas.

As bases RBMC geram arquivos com o seguinte formato:

Itai2871.21d

Itai2871.21g

Itai2871.21l

Itai2871.21m

Itai2871.21n

onde:

Itai: base RBMC Foz do Iguaçu

287: dia Juliano de 2021 correspondente ao dia da coleta

1: sessão única de observação

Para cada marco observado é gerado um grupo de arquivos como esses acima demonstrados e que contém os dados que serão processados em conjunto com as bases definidas para gerar as coordenadas finais dos marcos.

No *software Trimble Business Center*, são importados os arquivos correspondentes ao *rover* do ponto de interesse e as bases RBMC do dia Juliano correspondente ao levantamento.

Ao final dos levantamentos foram gerados os seguintes arquivos (Tabela 6).

Tabela 6 – Arquivos de cada marco.

| Data | RBMC | 96153 | UPA |
|-------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 14/10/2021 | Itai2871,scch2871, prma2871,prgu2871 | Base_14102021_093 544 | pto_upa00_R_20212870907_0 00_01S |
| 16/10/2021 | Itai2891,scch2891, prma2891,prgu2891 | base_16102021_121 757 | pto_upa10_R_20212891229_0 00_01S |
| 18/10/2021 | Itai2911,scch2911, prma2911,prgu2911 | base_18102021_090 222 | pto_upa00_R_20212910833_0 00_01S |
| 19/10/2021 | Itai2921,scch2921, prma2921,prgu2921 | base_19102021_084 234 | pto_upa00_R_20212920827_0 00_01S |
| Data | RBMC | UTFPR01 | UTFPR02 |
| 21/10/2021 | Itai2941,scch2941, prma2941,prgu2941 | base_Amer_R_2021 2941008_000_01S | base2942_RINEX210 |
| 22/10/2021 | Itai2951,scch2951, prma2951,prgu2951 | base_Amer_R_2021 2950924_000_01S | base2952_RINEX210 |
| 25/10/2021 | Itai2981,scch2981, prma2981,prgu2981 | base_Amer_R_2021 2980903_000_01S | base2982_RINEX210 |
| 26/10/2021 | Itai2991,scch2991, prma2991,prgu2991 | base_Amer_R_2021 2990824_000_01S | base2992_RINEX210 |

Fonte: A autora, 2021.

5.3. Pós-processamento e ajustamento

O processamento e ajustamento dos dados foi realizado no *software Trimble Business Center* com auxílio da ferramenta “Levantamento”. Para isso, inicialmente importou-se os dados do ponto e da base respectiva. Verificaram-se no programa as configurações de campo dos receptores e antenas respectivos ao equipamento utilizado. Na sequência verificaram-se as informações das coordenadas UTM das bases utilizadas, analisando se os dados importados estavam corretos e na continuidade definiu-se esses pontos da RBMC como “pontos de controle”, ou seja, ponto com coordenada conhecida para processamento do ponto de interesse.

Ao finalizar o processamento dos dados selecionados, realizou-se o ajustamento das coordenadas finais do ponto, utilizando-se a ferramenta “Ajuste”.

Ao final deste processo foram emitidos relatórios com todas as informações pertinentes ao processamento das linhas de base, do ajustamento da rede e coordenadas finais dos pontos. Neste relatório de linha de base as informações de precisão horizontal e vertical, comprimentos de linha de base, RMS do processamento, PDOP do levantamento e informações sobre satélites que foram rastreados.

As tabelas 7, 8, 9, 10 e 11 informam as coordenadas cartesianas ajustadas e desvios-padrão de cada um dos marcos para cada dia de levantamento.

Tabela 7 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da estação 96153 com base a RBMC.

| Data | Coordenadas (m) | | | Desvio-padrão (m) | | |
|------------|-----------------|------------|---------|-------------------|------------------|------------------|
| | N | E | H | $\sigma\Delta N$ | $\sigma\Delta E$ | $\sigma\Delta H$ |
| 14/10/2021 | 7150414,731 | 294021,689 | 511,541 | 0,013 | 0,005 | 0,048 |
| 16/10/2021 | 7150414,775 | 294021,678 | 511,526 | 0,033 | 0,029 | 0,024 |
| 18/10/2021 | 7150414,757 | 294021,680 | 511,559 | 0,013 | 0,006 | 0,048 |
| 19/10/2021 | 7150414,754 | 294021,687 | 511,476 | 0,012 | 0,005 | 0,048 |

Fonte: A autora, 2021.

Na tabela 7 encontram-se os resultados do processamento utilizando como bases a RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 da estação 96153, a fim de comparar se os dados publicados pelo IBGE são equivalentes aos determinados a partir de 4 dias de rastreamento de 6 horas cada sessão e utilizando como bases as redes de Chapecó (SSCH), Foz do Iguaçu (ITAI), Guarapuava (PRGU) e Maringá (PRMA).

Silva et al. (2012) aponta, que o planejamento para rastreamento GNSS é fundamental, deve-se levar em consideração o melhor horário, se há existências de obstruções ao redor, pois podem acarretar perdas de sinais e prejudicar o levantamento. A localização da estação 96153 é bastante comprometida devido sua localização muito próxima a edificação da sede da Prefeitura municipal e de grandes árvores no entorno (Figura 17), como citado anteriormente. Certamente

essa configuração da localização espacial da estação indicam que os desvios padrão das medidas se elevam provocando uma discrepância nas medidas, caso considere-se um levantamento de alta precisão.



Figura 17 – Obstruções entorno da estação 96153, (A) Árvores arredores (B) Monumento e edificação próximos ao receptor GNSS. Fonte: A autora (2021).

Em relação as linhas de base deste processamento consideram-se Foz do Iguaçu com comprimento de 158.439,831 m (158,440 km); Guarapuava 162.489,034 m (162,489 km), Chapecó 160.283,097 m (160,283 km) e Maringá 282.748,043 m (282,748 km). Sabendo-se desses comprimentos de linha de base e a formação de uma distribuição espacial estável, em relação aos marcos e as estações da RBMC, pode-se obter resultados satisfatórios e dentro da precisão almejada para este levantamento. Considerando as linhas de base superiores a 100 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de 5mm + 1ppm (Tabela 3).

A precisão planimétrica do posicionamento entre a estação 96153 e as bases da RBMC, é de 195,990 mm para posicionamento de alta precisão e foi calculado a partir dos comprimentos de linha de base somando-se 5mm+1ppm, unidade em milímetros:

$$P_{lb} = 163,439 + 167,489 + 165,283 + 287,74 = 763,960 \text{ mm}$$

$$P_{E,N} = \frac{763,960}{4} = 195,990 \text{ mm}$$

Para o cálculo do desvio-padrão médio deste posicionamento temos:

$$\bar{\sigma} = \frac{((0,013^2 + 0,005^2) + (0,033^2 + 0,029^2) + (0,013^2 + 0,006^2) + (0,012^2 + 0,005^2))^{1/2}}{4}$$

$$\bar{\sigma} = 0,021 \text{ m ou } 21 \text{ mm}$$

Conforme observado pelos resultados da tabela 7, o desvio-padrão planimétrico médio foi de 21 mm, conforme cálculo demonstrado acima e enviado pelo relatório de processamento GNSS. Sendo assim, comparando-se a precisão exigida para este processamento ($P_{E,N}$) calculada de acordo com recomendação da norma brasileira (195 mm) e o desvio-padrão calculado acima (21mm), percebe-se que o levantamento foi realizado de forma satisfatória e atendendo aos preceitos da norma técnica. Atentando que todos os cuidados para redução de erros nas medidas foram tomados, é possível relacionar esse erro com a posição do marco, devido as suas obstruções.

Pelos motivos acima expostos pode-se dizer que a estação 96153, a princípio, é adequada para posicionamentos de alta precisão.

Para a determinação das coordenadas do marco UPA, foram realizados dois processamentos, sendo eles: RBMC de base longa (Tabela 8) e a outra com a estação RN96153 de base curta (Tabela 9).

Tabela 8 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a RBMC.

| Data | Coordenadas (m) | | | Desvio-padrão (m) | | |
|------------|-----------------|------------|---------|-------------------|------------------|------------------|
| | N | E | H | $\sigma\Delta N$ | $\sigma\Delta E$ | $\sigma\Delta H$ |
| 14/10/2021 | 7149515,329 | 292797,620 | 489,060 | 0,006 | 0,004 | 0,026 |
| 16/10/2021 | 7149515,317 | 292797,634 | 489,062 | 0,006 | 0,004 | 0,026 |
| 18/10/2021 | 7149515,331 | 292797,628 | 489,097 | 0,006 | 0,004 | 0,029 |
| 19/10/2021 | 7149515,329 | 292797,635 | 489,131 | 0,007 | 0,004 | 0,030 |

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento (tabela 8) foi feito utilizando como bases a RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco de apoio geodésico denominado UPA. Foram realizados 4 dias de rastreamento de 6 h cada sessão e utilizando como bases Chapecó, Foz do Iguaçu, Guarapuava e Maringá. Em relação as linhas de base deste processamento consideram-se Foz do Iguaçu com 157435,355 m (157,435 km); Guarapuava 163904,913 m (163,905 km), Chapecó 159792,500 m (159,792 km) e Maringá 284053,591 m (284,053 km). Desta forma, precisão planimétrica exigida deste processamento fica em torno de 196,3 mm para posicionamento de alta precisão, conforme a norma brasileira.

Conforme a tabela 8, o desvio-padrão planimétrico final foi de 7 mm, ou seja, resultou em um valor bastante preciso ao valor esperado e recomendado pela norma do IBGE. Tendo em conta, que o marco é livre de obstruções próximas, pois fica no estacionamento da Unidade de Pronto Atendimento do bairro Sagrada Família, além de todos os cuidados para redução de erros nas medidas foram tomados, é possível afirmar que mesmo obtendo essas observações em horários e dias com nebulosidade foi possível alcançar o objetivo da precisão da posição do marco.

Com isso, pode-se concluir que esse marco UPA é adequado para posicionamentos de alta precisão utilizando equipamento GNSS, com expectativa de fazer desse ponto um apoio geodésico, com coordenadas confiáveis, precisas e ajustadas.

Tabela 9 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a estação 96153.

| Data | Coordenadas (m) | | | Desvio-padrão (m) | | |
|------------|-----------------|------------|---------|-------------------|------------------|------------------|
| | N | E | H | $\sigma\Delta N$ | $\sigma\Delta E$ | $\sigma\Delta H$ |
| 14/10/2021 | 7149515,371 | 292797,554 | 488,894 | 0,007 | 0,006 | 0,049 |
| 16/10/2021 | 7149515,283 | 292797,567 | 488,613 | 0,053 | 0,014 | 0,102 |
| 18/10/2021 | 7149516,996 | 292798,797 | 489,078 | - | - | - |
| 19/10/2021 | 7149513,956 | 292797,566 | 489,194 | - | - | - |

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento foi feito utilizando como base a estação 96153 para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco de apoio geodésico denominado UPA. Tendo como objetivo averiguar o transporte de coordenadas utilizando base estação 96153 (base curta).

A linha de base deste processamento considera-se a distância aproximada de 1518,785 m (1,518 km). Acatando a linha de base curta inferior a 5 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de 5mm + 1ppm. Desta forma, precisão planimétrica deste posicionamento é de 6,52 mm para posicionamento de alta precisão.

De acordo com os resultados da tabela 9, os desvios-padrão planimétrico final foi de 32 mm, ou seja, superior ao valor esperado e recomendado pela norma do IBGE. Dessa forma, mesmo com todos os cuidados para redução de erros nas medidas sendo tomados, é possível afirmar que a posição da estação 96153 comprometeu o posicionamento do ponto UPA. Com isso pode-se concluir que a estação 96153 não deve ser utilizada para apoio geodésico, empregando GNSS, somente como apoio topográfico e por técnicas terrestres.

Tabela 10 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR01 com base a RBMC.

| Data | Coordenadas (m) | | | Desvio-padrão (m) | | |
|------------|-----------------|------------|---------|-------------------|------------------|------------------|
| | N | E | H | $\sigma\Delta N$ | $\sigma\Delta E$ | $\sigma\Delta H$ |
| 21/10/2021 | 7155400,180 | 289451,339 | 554,595 | 0,008 | 0,004 | 0,035 |
| 22/10/2021 | 7155400,164 | 289451,356 | 554,596 | 0,007 | 0,004 | 0,032 |
| 25/10/2021 | 7155400,157 | 289451,362 | 554,544 | 0,007 | 0,004 | 0,032 |
| 26/10/2021 | 7155400,167 | 289451,353 | 554,610 | 0,005 | 0,007 | 0,034 |

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento foi feito utilizando como bases as estações RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco UTFPR01. Objetivo foi determinar as coordenadas deste marco a partir de 4 dias de rastreamento de 6 horas cada sessão e utilizando como bases Chapecó, Foz do Iguaçu, Guarapuava e

Maringá. A localização deste ponto fica no campus da UTFPR livre de obstruções próximas. Considera-se então, um levantamento de alta precisão (>100 km $5\text{mm}+1\text{ppm}$) com base longa.

Em relação as linhas de base deste processamento consideram-se Foz do Iguaçu com 158439,831 m (158,440 km); Guarapuava 162489,034 m (162,489 km), Chapecó 160283,097 m (160,283 km) e Maringá 282748,043 m (282,748 km). Com esses comprimentos de linha de base e a formação de uma distribuição espacial estável entre as estações da RBMC e o ponto de interesse, pode-se obter resultados satisfatórios e dentro da precisão almejada para este levantamento. Considerando as linhas de base superiores a 100 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de $5\text{mm} + 1\text{ppm}$. Desta forma, precisão planimétrica deste posicionamento fica em torno de 195,5 mm para posicionamento de alta precisão.

Conforme se observa pelos resultados da tabela 10, o desvio-padrão planimétrico final calculado foi de 8 mm, ou seja, inferior ao recomendado pela norma brasileira. Com isso pode-se concluir que esse marco UTFPR 01 é adequado para posicionamentos de alta precisão utilizando equipamento GNSS.

Tabela 11 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR02 com base a RBMC.

| Data | Coordenadas (m) | | | Desvio-padrão (m) | | |
|------------|-----------------|------------|---------|-------------------|------------------|------------------|
| | N | E | H | $\sigma\Delta N$ | $\sigma\Delta E$ | $\sigma\Delta H$ |
| 21/10/2021 | 7155427,665 | 289435,481 | 556,563 | 0,007 | 0,004 | 0,033 |
| 22/10/2021 | 7155427,667 | 289435,487 | 556,534 | 0,007 | 0,004 | 0,033 |
| 25/10/2021 | 7155427,679 | 289435,484 | 556,517 | 0,012 | 0,012 | 0,048 |
| 26/10/2021 | 7155427,683 | 289435,480 | 556,495 | 0,005 | 0,008 | 0,035 |

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento foi feito utilizando como bases a RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco UTFPR02. Objetivo foi determinar as coordenadas deste marco a partir de 4 dias de rastreamento de 6 horas cada sessão e utilizando como bases Chapecó, Foz do Iguaçu, Guarapuava e Maringá. A localização deste ponto fica no campus da UTFPR livre de obstruções

próximas. Considera-se então, um levantamento de alta precisão (>100 km $5\text{mm}+1\text{ppm}$) com base longa.

Em relação as linhas de base deste processamento, adotou-se os mesmos de UTFPR01 correspondendo os mesmos comprimentos de linha de base, levando em consideração que os marcos UTFPR01 e UTFPR02 são bem próximos. Atentando que as linhas de base superiores a 100 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de $5\text{mm} + 1\text{ppm}$. Desta forma, precisão planimétrica deste posicionamento fica em torno de $196,3$ mm para posicionamento de alta precisão.

De acordo com os resultados da tabela 11, o desvio-padrão planimétrico final calculado foi de 10 mm, ou seja, inferior ao recomendado pela norma brasileira. Considerando que todos os cuidados para redução de erros nas medidas foram tomados e com isso pode-se concluir que esse marco UTFPR02 é adequado para posicionamentos de alta precisão utilizando equipamento GNSS.

5.3.1. Comparativo da base UPA com as bases RBMC e a estação 96153

Com base nos resultados do relatório de processamento das linhas de base de cada dia de rastreamento, pode-se observar nas tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17, as informações de PDOP, RMS, precisões planimétricos e altimétricos e o erro planimétrico calculado.

Tabela 12 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 14 de outubro de 2021.

| UPA – RBMC | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UPA - ITAI | Fixa | 157435,338 | 3,042 | 0,015 | 0,006 | 0,026 | 0,162 |
| UPA - PGRU | Fixa | 163904,901 | 2,929 | 0,015 | 0,006 | 0,027 | 0,164 |
| UPA - PRMA | Fixa | 284053,580 | 3,579 | 0,015 | 0,007 | 0,029 | 0,289 |
| UPA - SCCH | Fixa | 159792,511 | 2,464 | 0,015 | 0,006 | 0,026 | 0,165 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 13 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 16 de outubro de 2021.

| UPA – RBMC | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UPA - ITAI | Fixa | 157435,355 | 2,208 | 0,016 | 0,006 | 0,026 | 0,162 |
| UPA - PGRU | Fixa | 163904,913 | 2,197 | 0,018 | 0,007 | 0,031 | 0,169 |
| UPA - PRMA | Fixa | 284053,591 | 2,372 | 0,017 | 0,007 | 0,031 | 0,289 |
| UPA - SCCH | Fixa | 159792,500 | 2,197 | 0,016 | 0,006 | 0,028 | 0,165 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 14 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 18 de outubro de 2021.

| UPA – RBMC | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UPA – ITAI | fixa | 157435,346 | 2,442 | 0,014 | 0,007 | 0,029 | 0,162 |
| UPA – PGRU | fixa | 163904,928 | 2,455 | 0,019 | 0,007 | 0,031 | 0,169 |
| UPA – PRMA | fixa | 284053,575 | 3,082 | 0,016 | 0,007 | 0,031 | 0,289 |
| UPA – SCCH | fixa | 159792,521 | 2,440 | 0,021 | 0,007 | 0,029 | 0,165 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 15 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 19 de outubro de 2021.

| UPA – RBMC | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UPA – ITAI | fixa | 157435,354 | 2,442 | 0,014 | 0,007 | 0,030 | 0,162 |
| UPA – PGRU | fixa | 163904,911 | 2,815 | 0,015 | 0,007 | 0,032 | 0,169 |
| UPA – PRMA | fixa | 284053,580 | 2,821 | 0,018 | 0,008 | 0,035 | 0,289 |
| UPA – SCCH | fixa | 159792,506 | 2,815 | 0,018 | 0,007 | 0,031 | 0,165 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 16 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 14 de outubro de 2021.

| UPA – Estação 96153 | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UPA – 96153 | fixa | 1518,785 | 7,151 | 0,020 | 0,007 | 0,049 | 0,007 a 0,012 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 17 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 16 de outubro de 2021.

| UPA – Estação 96153 | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UPA – 96153 | flutuante | 1518,827 | 3,772 | 0,029 | 0,053 | 0,102 | 0,007 a 0,012 |

Fonte: A autora, 2021.

Os dias 18 e 19 de outubro não processaram suas observações de campo, em virtude a estação 96153 apresentar muitas obstruções em seu entorno. O IBGE (2008), aponta que a escolha da localização da estação de referência é fundamental. Deve-se levar em consideração nessa escolha que não haja nenhum elemento natural ou artificial que possa ser entendido como uma obstrução ao recebimento dos sinais de satélites para um posicionamento geodésico com GNSS. A existência de um obstáculo próximo ao marco, pode acarretar perdas de ciclo ou multicaminhamento. Pode-se observar na figura 19, que houve oscilação na recepção dos sinais de satélites durante o rastreamento do receptor posicionado na estação 96153. Essa oscilação na recepção dos sinais comprometeu de forma definitiva os resultados dos dias de rastreamento, bem como a qualidade final das coordenadas deste marco e também das coordenadas dos marcos que o utilizaram como estação base.

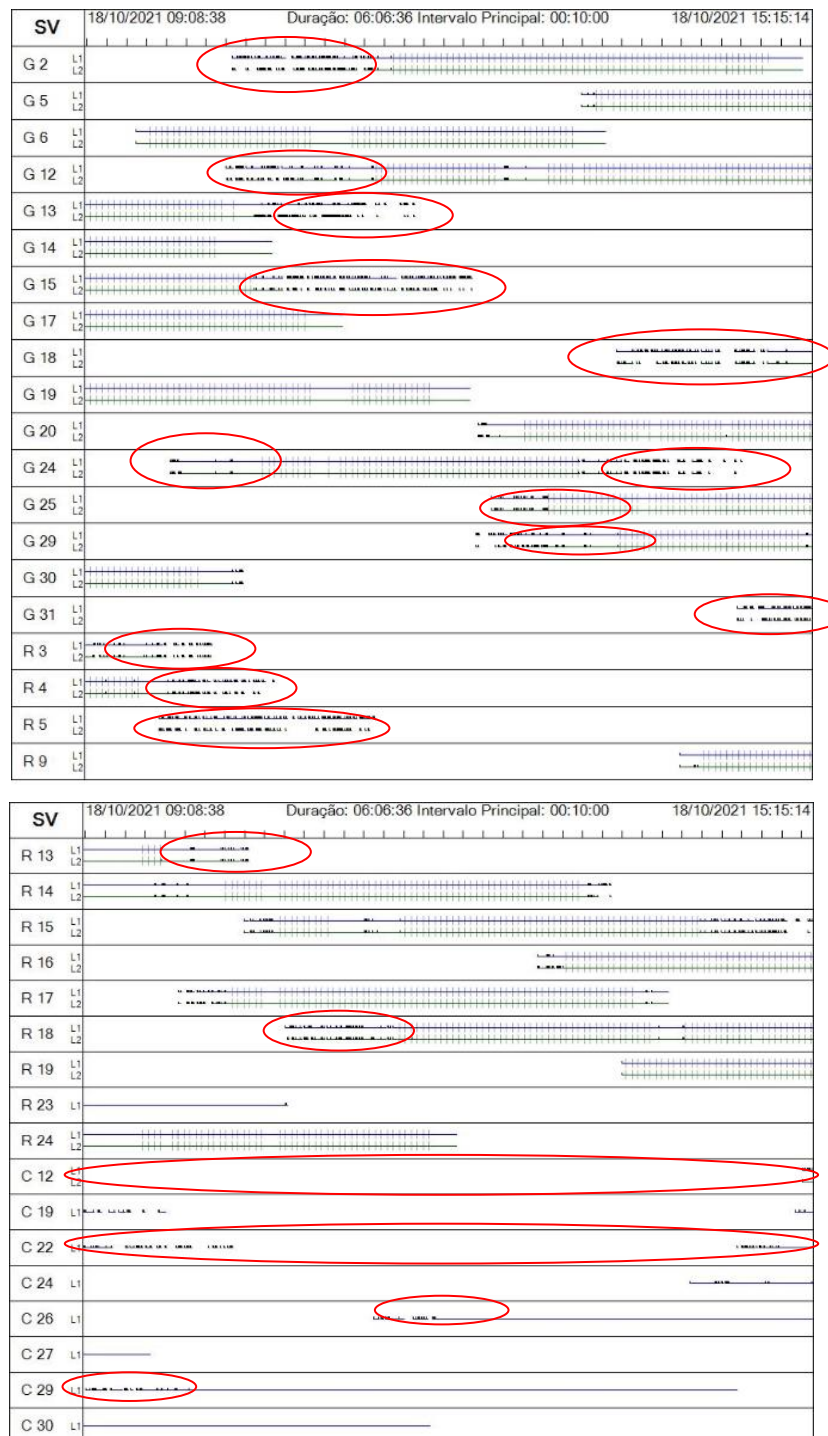


Figura 18 – Resumo de rastreamento dos satélites do dia 18/10/2021 estação 96153.

Nota: Os rastreamentos dos satélites correspondem ao, G (GPS); R (GLONASS) e C (COMPASS-BeiDou). Fonte: A autora, 2021.

Neste comparativo da UPA com as bases RBMC e a estação 96153, pode-se observar nas tabelas 18 e 19 contendo as coordenadas finais de cada processamento. Dessa forma, os resultados para o ponto UPA resultou em uma discrepância entre os valores obtidos utilizando-se como base RBMC e a estação 96153. Sendo elas: $\Delta N = \pm 0,075$ m, $\Delta E = \pm 0,242$ m e $\Delta H = \pm 0,857$ m.

Tabela 18 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - RBMC.

| UPA – RBMC | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-----------|
| Coordenadas cartesianas (m) | | Desvio-padrão (m) | Erros (m) |
| N | 7149515,327 | 0,006 | 0,007 |
| E | 292797,629 | 0,004 | |
| H | 489,088 | 0,028 | 0,028 |
| Coordenadas Geográficas | | | |
| Latitude | 25°45'28,04" S | | |
| Longitude | 53°3'57,32" W | | |
| Altitude (m) | 489,088 | | |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 19 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - Estação 96153.

| UPA – Estação 96153 | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-----------|
| Coordenadas cartesianas (m) | | Desvio-padrão (m) | Erros (m) |
| N | 7149515,402 | 0,030 | 0,032 |
| E | 292797,871 | 0,010 | |
| H | 488,945 | 0,076 | 0,076 |
| Coordenadas Geográficas | | | |
| Latitude | 25°45'28,04" S | | |
| Longitude | 53°3'57,29" W | | |
| Altitude (m) | 488,945 | | |

Fonte: A autora, 2021.

Sendo uma linha de base curta ($\pm 1518,806$ m) com precisão de 5 mm + 1ppm a 10mm + 1ppm (0,007 a 0,012 m) observa-se que o posicionamento com a estação 96153 inseriu erros de discrepância entre as medidas obtidas pelos processamentos distintos, muito superiores aos desvios-padrão permitidos pela norma brasileira, tanto na planimetria quanto na altimetria. Os processamentos com base estação 96153 tiveram dificuldades em processar e fixar as ambiguidades, isto pode ser comprovado pelo processamento flutuante do dia 16/10/2021 e pelo não processamento dos dias 18 e 19/10/2021. Mesmo com seis horas de observação a configuração do local da estação 96153 não permite a melhora da qualidade de dados devido ao grande número de obstruções no seu entorno. Lembrado que o processamento foi realizado com máscara de elevação de obstrução de 15° .

5.3.2. Processamento linha de base UTFPR01 e UTFPR02

De acordo com as tabelas 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27, pode-se observar os resultados de cada processamento dos dias de rastreamento em relação as linhas de base RBMC, contendo informações de PDOP, RMS, precisões planimétricos e altimétricos e o erro planimétrico calculado.

Tabela 20 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021.

| UTFPR01 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR1 - ITAI | Fixa | 152978,115 | 3,231 | 0,015 | 0,008 | 0,035 | 0,158 |
| UTFPR1 - PGRU | Fixa | 165721,847 | 3,231 | 0,016 | 0,008 | 0,034 | 0,171 |
| UTFPR1 – PRMA | Fixa | 280000,516 | 3,266 | 0,018 | 0,008 | 0,036 | 0,285 |
| UTFPR1 - SCCH | Fixa | 166421,553 | 3,231 | 0,014 | 0,007 | 0,030 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 21 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021.

| UTFPR01 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR1 - ITAI | Fixa | 152978,135 | 3,075 | 0,015 | 0,007 | 0,032 | 0,157 |
| UTFPR1 - PGRU | Fixa | 165721,840 | 2,999 | 0,018 | 0,007 | 0,031 | 0,171 |
| UTFPR1 – PRMA | Fixa | 280000,532 | 3,545 | 0,016 | 0,008 | 0,034 | 0,285 |
| UTFPR1 - SCCH | Fixa | 166421,536 | 2,450 | 0,017 | 0,007 | 0,032 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 22 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021.

| UTFPR01 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR1 - ITAI | Fixa | 152978,143 | 2,956 | 0,017 | 0,007 | 0,032 | 0,157 |
| UTFPR1 - PGRU | Fixa | 165721,842 | 2,965 | 0,017 | 0,009 | 0,036 | 0,171 |
| UTFPR1 – PRMA | Fixa | 280000,537 | 3,039 | 0,016 | 0,009 | 0,038 | 0,285 |
| UTFPR1 - SCCH | Fixa | 166421,519 | 2,956 | 0,014 | 0,007 | 0,030 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 23 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021.

| UTFPR01 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR1 - ITAI | Fixa | 152978,147 | 5,432 | 0,017 | 0,010 | 0,038 | 0,157 |
| UTFPR1 - PGRU | Fixa | 165721,843 | 5,001 | 0,015 | 0,010 | 0,035 | 0,171 |
| UTFPR1 – PRMA | Fixa | 280000,525 | 9,226 | 0,016 | 0,008 | 0,034 | 0,285 |
| UTFPR1 - SCCH | Fixa | 166421,524 | 4,280 | 0,014 | 0,006 | 0,010 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 24 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021.

| UTFPR02 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR2 - ITAI | Fixa | 152957,470 | 3,059 | 0,016 | 0,007 | 0,034 | 0,158 |
| UTFPR2 - PGRU | Fixa | 165731,163 | 3,231 | 0,016 | 0,008 | 0,037 | 0,171 |
| UTFPR2 – PRMA | Fixa | 279981,918 | 3,266 | 0,018 | 0,010 | 0,041 | 0,285 |
| UTFPR2 - SCCH | Fixa | 166452,610 | 3,156 | 0,019 | 0,007 | 0,033 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 25 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021.

| UTFPR02 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR2 - ITAI | Fixa | 152957,477 | 3,056 | 0,017 | 0,007 | 0,033 | 0,158 |
| UTFPR2 - PGRU | Fixa | 165731,156 | 2,969 | 0,016 | 0,007 | 0,032 | 0,171 |
| UTFPR2 – PRMA | Fixa | 279981,926 | 3,620 | 0,017 | 0,009 | 0,035 | 0,285 |
| UTFPR2 - SCCH | Fixa | 166452,617 | 2,599 | 0,018 | 0,008 | 0,034 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 26 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021.

| UTFPR02 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR2 - ITAI | Fixa | 152957,484 | 2,437 | 0,019 | 0,006 | 0,030 | 0,158 |
| UTFPR2 - PGRU | Fixa | 165731,157 | 3,090 | 0,016 | 0,008 | 0,035 | 0,171 |
| UTFPR2 – PRMA | Fixa | 279981,915 | 3,006 | 0,032 | 0,012 | 0,048 | 0,285 |
| UTFPR2 - SCCH | Fixa | 166452,616 | 2,439 | 0,017 | 0,007 | 0,031 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 27 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021.

| UTFPR02 – RBMC | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Pontos | Solução processamento | Linha de base (m) | PDOP | RMS (m) | Precisão planimétrica (m) | Precisão altimétrica (m) | Erro planimétrico calculado (m) |
| UTFPR2 - ITAI | Fixa | 152957,478 | 2,924 | 0,018 | 0,003 | 0,016 | 0,158 |
| UTFPR2 - PGRU | Fixa | 165731,158 | 2,490 | 0,016 | 0,007 | 0,031 | 0,171 |
| UTFPR2 – PRMA | Fixa | 279981,913 | 2,924 | 0,014 | 0,009 | 0,035 | 0,285 |
| UTFPR2 - SCCH | Fixa | 166452,616 | 2,771 | 0,016 | 0,007 | 0,031 | 0,171 |

Fonte: A autora, 2021.

Sendo linhas de bases longas entre o *campus* da UTFPR e as bases da RBMC, observa-se que o posicionamento com a RBMC foi satisfatório em todos os dias. Em todos os processamentos distintos, mantiveram-se uma constante entre aos desvios-padrão permitidos pela norma brasileira, tanto na planimetria quanto na altimetria. Foram realizadas 6 horas de observação na coleta de dados para os pontos UTFPR01 e UTFPR02 e máscara de elevação de obstrução de 15° para processamento.

Outra consideração a ser feita para os pontos UTFPR01 E UTFPR02 e base RBMC é que mesmo os comprimentos de linhas de base serem superiores a 100 km, os desvios-padrão, PDOP (quanto menor o valor de PDOP melhor geometria do posicionamento, sendo que o limite máximo é o valor 4), RMS e os erros planialtimétricos foram mínimos quando comparados aos erros planimétricos calculados em função das linhas de base e considerando a norma brasileira.

Com esses resultados pode-se dizer que os pontos acima denominados atendem aos critérios de precisão e qualidade pré-estabelecidos pela norma técnica do IBGE para a implantação de marcos geodésico.

5.3.3. Análise descritiva dos marcos

Com base nos dados obtidos das coordenadas cartesianas e seus respectivos desvios-padrão (tabela 10 e 11), foi possível realizar estatisticamente uma análise descritiva para detectar observações discrepantes (tabela 28, 29, 30 e 31).

Com a análise da tabela 28 os limites máximo e mínimo de intervalo, observou-se que 75% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo. Então para gerar a coordenada final de cada ponto utilizou-se os 75% dos valores amostrais que estavam contidos nesses limites resultando nas coordenadas finais com seus respectivos desvios-padrão.

Tabela 28 – Análise descritiva UTFPR01.

| Variáveis | N (m) | σN (m) | E (m) | σE (m) | H (m) | σH (m) |
|------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
| Média (m) | 7155400,167 | 0,007 | 289451,3525 | 0,005 | 554,5863 | 0,033 |
| Média final | 7155400,163 | 0,006 | 289451,357 | 0,005 | 554,600 | 0,034 |
| Dp da amostra | 0,010 | 0,001 | 0,010 | 0,002 | 0,029 | 0,002 |
| Limite superior | 7155400,177 | | 289451,362 | | 554,615 | |
| Limite inferior | 7155400,157 | | 289451,343 | | 554,557 | |

Fonte: A autora, 2021.

Em análise da tabela 29 os limites máximo e mínimo de intervalo são que 75% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo e na altitude 50% da amostra. Então para gerar a coordenada final do ponto UTFPR 02 utilizou-se os 75% dos valores amostrais que estavam contidos nesses limites resultando nas coordenadas finais com seus respectivos desvios-padrão, e para altitude foram utilizados 50% dos valores aptos.

Tabela 29 – Análise descritiva UTFPR02.

| Variáveis | N (m) | σN (m) | E (m) | σE (m) | H (m) | σH (m) |
|------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
| Média (m) | 7155427,674 | 0,008 | 289435,483 | 0,007 | 556,527 | 0,037 |
| Média final | 7155427,670 | 0,009 | 289435,482 | 0,008 | 556,515 | 0,040 |
| Dp da amostra | 0,009 | | 0,003 | | 0,029 | |
| Limite superior | 7155427,682 | | 289435,486 | | 556,556 | |
| Limite inferior | 7155427,665 | | 289435,480 | | 556,499 | |

Fonte: A autora, 2021.

Com a análise da tabela 30 os limites máximo e mínimo de intervalo, observou-se que 66,6% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo.

Tabela 30 – Análise descritiva UPA.

| Variáveis | N (m) | σN (m) | E (m) | σE (m) | H (m) | σH (m) |
|------------------|--------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Média (m) | 7149515,327 | 0,0063 | 292797,629 | 0,004 | 489,087 | 0,0277 |
| Média final | 7149515,330 | 0,0063 | 292797,631 | 0,004 | 489,073 | 0,027 |
| Dp da amostra | 0,0064 | | 0,0069 | | 0,0337 | |
| Limite superior | 7149515,333 | | 292797,636 | | 489,121 | |
| Limite inferior | 7149515,32 | | 292797,622 | | 489,053 | |

Fonte: A autora, 2021.

Com a análise da tabela 31 os limites máximo e mínimo de intervalo, observou-se que 58,33% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo.

Tabela 31 – Análise descritiva Estação 96153.

| Variáveis | N (m) | σN (m) | E (m) | σE (m) | H (m) | σH (m) |
|------------------|--------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Média (m) | 7150414,754 | 0,01775 | 294021,6835 | 0,0112 | 511,5255 | 0,042 |
| Média final | 7150414,756 | 0,0125 | 294021,679 | 0,0175 | 511,542 | 0,040 |
| Dp da amostra | 0,0180 | | 0,0053 | | 0,036 | |
| Limite superior | 7150414,772 | | 294021,688 | | 511,561 | |
| Limite inferior | 7150414,736 | | 294021,678 | | 511,489 | |

Fonte: A autora, 2021.

5.4. Coordenadas finais

Os valores das tabelas 32, 33, 34 e 35, são as coordenadas finais de cada marco.

Tabela 32 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UPA.

| Coordenada cartesiana (m) | | Desvio-padrão (m) |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| N | 7149515,330 | 0,0063 |
| E | 292797,631 | 0,004 |
| H | 489,073 | 0,027 |
| Coordenada Geográfica | | |
| Latitude | 25°45'28,03724" S | |
| Longitude | 53°3'57,29911" W | |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 33 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da Estação 96153.

| Coordenada cartesiana (m) | | Desvio-padrão (m) |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| N | 7150414,756 | 0,0125 |
| E | 294021,679 | 0,0175 |
| H | 511,542 | 0,04 |
| Coordenada Geográfica | | |
| Latitude | 25°44'59,43822" S | |
| Longitude | 53°3'12,90741" W | |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 34 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR01.

| Coordenada cartesiana (m) | | Desvio-padrão (m) |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| N | 7155400,163 | 0,006 |
| E | 289451,357 | 0,005 |
| H | 554,600 | 0,033 |
| Coordenada Geográfica | | |
| Latitude | 25°42'15,14505" S | |
| Longitude | 53°5'54,00103" W | |

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 35 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR02.

| Coordenada cartesiana (m) | | Desvio-padrão (m) |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| N | 7155427,670 | 0,009 |
| E | 289435,482 | 0,008 |
| H | 556,526 | 0,040 |
| Coordenada Geográfica | | |
| Latitude | 25°42'14,25964" S | |
| Longitude | 53°5'54,55937" W | |

Fonte: A autora, 2021.

Em análise na tabela 36, apresentam-se as coordenadas geodésicas geradas pelos levantamentos a campo e esse resultado comparado com o relatório da estação geodésica do IBGE (Anexo II).

Tabela 36 - Análise de discrepância entre o levantamento e o relatório do IBGE.

| Coordenada UTM | Coordenadas levantamento | Coordenadas Relatório IBGE | Discrepâncias (m) |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| E (m) | 7150414,756 | 7150.414,742 | 0,014 |
| N (m) | 294021,679 | 294.021,657 | 0,022 |
| H (m) | 511,542 | 514,300 | 2,758 |

Fonte: A autora, 2021.

Frente as discrepâncias apresentadas na tabela 26, sugere-se uma dúvida quanto a qualidade da estação 96153 para apoio geodésico. Nas três coordenadas as discrepâncias foram superiores aos desvios-padrão calculados para essa classe de posicionamento, ou seja, marco geodésico de alta precisão. Sendo assim, recomenda-se que esta estação seja utilizada para apoio topográfico e não geodésico, pois apresentam-se muitas obstruções ao redor da estação interferindo no rastreamento por GNSS. No entanto, esta estação encontra-se apta para apoio geodésico por técnicas terrestres, por exemplo, transporte de coordenadas utilizando estação total.

Desta forma, pode-se afirmar que a discrepância indicada acima não é causada pelo modelamento matemático do processamento. Então, evidencia-se a necessidade de um novo cálculo por parte do IBGE para esta estação, considerando-se que a determinação destas coordenadas foram obtidas em 1981 ainda com equipamentos de tecnologia defasada em comparação aos atuais e ajuste da rede em 2010, mas sem a informação de como foi realizado.

As condições meteorológicas durante o mês de outubro de 2021 foi um fator que dificultou na coleta dos dados. Houveram seguidos dias de chuvas intensas que impediram a realização do levantamento em um único dia de coleta. Também deve-se ressaltar que em alguns dos dias de levantamento o céu encontrava-se nublado, o que provavelmente pode ter interferido na qualidade do resultado, devido a carga eletromagnética na atmosfera. Este fator pode atrasar o sinal GNSS ou até obstruí-lo ocasionando perdas de ciclos. Cogita-se a possibilidade e alternar a coleta com outros horários objetivando menor índices de refração atmosférica (por exemplo, final da tarde e início da noite).

6. CONCLUSÃO

Pode-se confirmar que a estação 96153 não está localizada em um local adequado para ser utilizada como uma estação de referência, em razão das condições ao redor do marco, contendo muitas obstruções e grande movimentação de pessoas, tendo em conta que ele é localizado próximo a entrada do prédio da prefeitura do município. Os resultados de suas coordenadas indicaram erros ou imprecisões superiores aos valores obtidos pelo rastreamento quando comparado aos dados utilizando como base as estações da RBMC.

As coordenadas finais dos marcos UTFPR01 são de $N=7.155.400,163\text{m}$, $E=289.451,357\text{m}$ e $H=554,600\text{m}$; UTFPR02 $N=7.155.427,670\text{m}$, $E=289.435,482\text{m}$ e $H=556,526\text{m}$; UPA $N=7.149.515,330\text{m}$, $E=292.797,631\text{m}$ e $H=489,073\text{m}$ e a estação 96153 $N=7.150.414,756\text{m}$ $E=294.021,679\text{m}$ e $H=511,542\text{m}$.

Em comparação com o resultado da estação 96153 obtido por este trabalho ao do divulgado pelo relatório da estação geodésica do IBGE, houve uma discrepância muito grande no valor da altitude ($\Delta H = \pm 2,758\text{ m}$). Sabe-se que os levantamentos feitos por GNSS apresentam dificuldades com o processamento da altitude, visto que utiliza o modelo matemático de superfície terrestre, o elipsóide. No entanto, os levantamentos são realizados na superfície física. Porém, os modelos matemáticos adotados para compatibilização do elipsóide adotado (GRS80), o sistema de referência atual do Brasil (SIRGAS 2000) e o modelos altimétricos implementados nos softwares de processamento, para este trabalho o TBC, minimizam de forma significativamente essa diferença entre as superfícies.

7. REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. C. M. de. **Datum altimétrico brasileiro**. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro: IBGE, n. 5, p. 69-73, jul. 1990.

ALMEIDA, M. S.; POZ, W. R. D. **Posicionamento por Ponto Preciso e Posicionamento Relativo com GNSS: qual é o método mais acurado atualmente?** Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 22, n.1, p.175 - 195, 2016.

BEIDOU. **BeiDou Navigation Satellite System**. 2018. Disponível em: <<http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/>>. Acesso em: outubro, 2021.

CARVALHO, P. R. C. **Estudo das distorções do sistema geodésico de referência da região metropolitana do Recife**. Dissertação ao Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

CERQUEIRA, F. C. **Sistema de Coordenadas UTM**. Revista Tecnológica. 47-49p. dezembro, 1991.

CEUB/ICPD. Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento. **Curso de GPS e Cartografia básica**. Disponível em: <http://www.fernandoquadro.com.br/files/cartografia_e_gps.pdf> Acesso em: outubro, 2021.

DOMPIERI, M. H. G. SILVA, M. A. S. NOGUEIRA JÚNIOR, L. R **Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

GPS. **Space segment**. 2019. Disponível em: <<https://www.gps.gov/systems/gps/space/>>. Acesso: agosto, 2021.

GROVES, P. D. **Principles of GNSS, Inertial and Multisensor Integrated Navigation Systems**. Norwood: Artech House, 2008.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H. e WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo and more.** Springer-Verlag Wien, 2008.

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

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e Normas ao Sistema Geodésico Brasileiro**, Rio de Janeiro, 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reajustamento da rede altimétrica com números geopotenciais.** IBGE, Coordenação de Geodésia. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS.** Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento, Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 1² Ed. Brasília, 2013.

INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS.** 2020. Disponível em: <<https://inde.gov.br/Noticias/Detalhe/16>>. Acesso: setembro, 2021.

KAPLAN, E. D.; HEGARTY, C. J. **Understanding GPS: principles and applications.** Artech House, 2006.

LANGLEY, R.B.; TEUNISSEN, P. J. G.; MONTENBRUCK, O. **Introduction to GNSS.** In: TEUNISSEN, P. J. G.; MONTENBRUCK, O. (eds) Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Springer, Berlin, 2017.

MARINI, M, C, **Integração da Rede GPS ITESP ao Sistema Geodésico Brasileiro**, Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas, 146p,

Faculdade de Ciência e Tecnologia, Unesp, Presidente Prudente, São Paulo, 2002.

MIRANDA, José I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS**. Descrição, Fundamentos e aplicações. 1º edição. Presidente Prudente: Editora Unesp, 2000.



SILVA, G. P. da; GONÇALVES, R. M.; TANAJURA, E. L. X. **Levantamento Geodésico GNSS-RTK para o mapeamento da linha de costa**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. Recife – PE. 2012.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2. Ed. Berlin: Walter de Gruyter, 2003.

SETTI JÚNIOR, P. T. **Posicionamento por Ponto Multi-GNSS: Análise dos Sistemas, Sinais e Modelos Ionosféricos**. Presidente Prudente – SP, 2019.

ANEXOS

ANEXOS I

| | | |
|--|---|--|
|  <p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS DOIS VIZINHOS</p> | <p>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</p> <p>Monografia de Marco Geodésico</p> |  <p>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</p> |
|--|---|--|

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Datum: SIRGAS 2000 | Data: Outubro/2021 | Localidade: Dois Vizinhos |
| | Latitude | 25°42'15,14505" S |
| | Longitude | 53°5'54,00103" W |
| Projeção: UTM Fuso: 22 Meridiano Central: -51 | N (m) | 7155400,167 |
| | E (m) | 289451,353 |
| Ponto Visado: UTFPR01 | Altitude elipsoidal (m): | 554,586 |

Foto Localização:



Foto Detalhe:



Descrição: Em frente ao laboratório de fisiologia vegetal da universidade.

● UTFPR1



| | | |
|---|--------------------|----------------------------------|
| Datum: SIRGAS 2000 | Data: Outubro/2021 | Localidade: Dois Vizinhos |
| | Latitude | 25°42'14,25964" |
| | Longitude | 53°05'54,55937" |
| Projeção: UTM Fuso: 22 Meridiano Central: -51 | N (m) | 7155427,672 |
| | E (m) | 289435,486 |
| Ponto UTFPR02 | Vísado: | Altitude elipsoidal (m): 556,511 |

Foto Localização:



Foto Detalhe:



Descrição: Atrás do bloco K, onde encontra-se a direção da universidade.

● UTFPR2



| | | |
|---|--------------------------|---------------------------|
| Datum: SIRGAS 2000 | Data: Outubro/2021 | Localidade: Dois Vizinhos |
| | Latitude | 25°45'28,03724" S |
| | Longitude | 53°3'57,29911 |
| Projeção: UTM Fuso: 22 Meridiano Central: -51 | N (m) | 7149515,330 |
| | E (m) | 292797,631 |
| Ponto Visado: UPA | Altitude elipsoidal (m): | 489,073 |

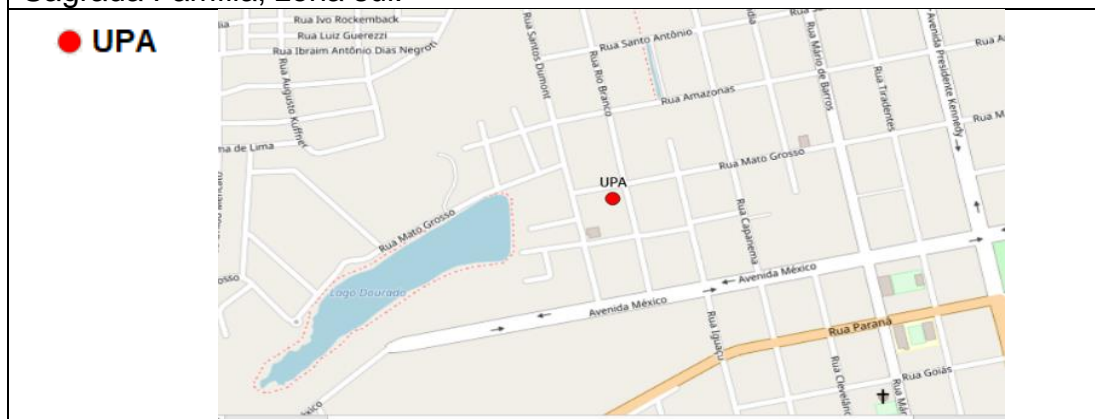
Foto Localização:



Foto Detalhe:



Descrição: Encontra-se no estacionamento da Unidade de Pronto Atendimento, esquina com as ruas Mato Grosso e Rio Branco, bairro Sagrada Família, zona sul.



ANEXO II



Relatório de Estação Geodésica

| | | | | | |
|---------------|---------------|----------------------------|-------|--------|-------------|
| Estação : | 96153 | Nome da Estação : | 96153 | Tipo : | Estação GPS |
| Município : | DOIS VIZINHOS | | | UF : | PR |
| Última Vista: | 11/08/2010 | Situação Marco Principal : | Bom | | |
| Conexões : | RN : 1726F | | | | |

| DADOS PLANIALTIMÉTRICOS | | DADOS ALTIMÉTRICOS | | DADOS GRAVIMÉTRICOS | |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|--|
| Latitude | 25 ° 44 ' 59,43901 " S | Altitude Ortométrica(m) | 511,4725 | Gravidade(mGal) | |
| Longitude | 53 ° 03 ' 12,88386 " W | Fonte | Nivelamento Geométrico | Datum | |
| Altitude Geométrica(m) | 514,300 | Sigma Altitude(m) | 0,06 | Data Medição | |
| Fonte | GPS Geodésico | Datum | Imbituba | Data Cálculo | |
| Origem | Ajustada | Data Medição | 18/02/1981 | | |
| Datum | SIRGAS2000 | Data Cálculo | 15/06/2011 | | |
| Data Medição | 11/08/2010 | | | | |
| Data Cálculo | 22/09/2010 | | | | |
| Sigma Latitude(m) | 0,003 | | | | |
| Sigma Longitude(m) | 0,003 | | | | |
| Sigma Altitude Geométrica(m) | 0,019 | | | | |
| UTM(N) | 7.150.414,742 | | | | |
| UTM(E) | 294.021,657 | | | | |
| MC | -51 | | | | |

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

Localização

Na base de um pequeno monumento que sustenta uma placa memorial, ao lado da entrada principal do prédio da Prefeitura Municipal, Avenida Rio Grande do Sul, com a Travessa cinco, Dois Vizinhos, PR.

Descrição

Chapa padrão IBGE.

Foto(s)

