

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
MIGUEL RIBEIRO MUGUIO

IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DA ESTAÇÃO GNSS PARA O MONITORAMENTO  
CONTÍNUO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA DE MAUÁ

CURITIBA  
2012

MIGUEL RIBEIRO MUGUIO

IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DA ESTAÇÃO GNSS PARA O MONITORAMENTO  
CONTÍNUO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA DE MAUÁ

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em ciências geodésicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientador: Prof. DR. Pedro Luis Faggion

CURITIBA

2012

Muguio, Miguel Ribeiro

Implantação e análise da estação GNSS para o monitoramento contínuo da barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá / Miguel Ribeiro Muguio. – Curitiba, 2012.

96 f. : il., tabs, grafs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.  
Orientador: Pedro Luis Faggion

1. Barragens de concreto. 2. Usinas hidrelétricas. 3. Sistema de Posicionamento Global. I. Faggion, Pedro Luis. II. Título.

CDD 526.98

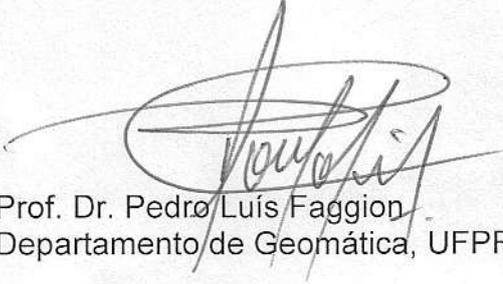
## TERMO DE APROVAÇÃO

MIGUEL RIBEIRO MUGUIO

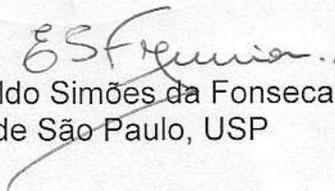
### "IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DA ESTAÇÃO GNSS PARA O MONITORAMENTO CONTÍNUO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA DE MAUÁ"

Dissertação nº 256 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

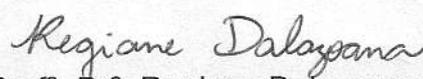
Orientador:



Prof. Dr. Pedro Luís Faggion  
Departamento de Geomática, UFPR



Prof. Dr. Edvaldo Simões da Fonseca Junior  
Universidade de São Paulo, USP



Prof.ª Dr.ª Regiane Dalazoana  
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 30 de julho de 2012.

Em memória aos meus pais, Paula e Natal

À minha esposa Paula Chongo e aos  
meus filhos, Cleide e Ivanilson

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida, força, coragem e oportunidade para que esta etapa fosse alcançada com sucessos.

Aos meus pais Paula Ribeiro e Natal Muguio por me terem orientado desde infância a uma vida acadêmica dedicando todos os seus esforços para que tal fosse possível, apesar de neste momento eles já não se encontrarem mais entre nós.

À minha esposa Paula Celeste Chongo, pelo incentivo, pela paciência, confiança e acima de tudo coragem por me ter permitido atravessar o atlântico a busca de conhecimentos enquanto ela sozinha tomava conta dos nossos filhos e outras atividades familiares.

Aos meus filhos Cleide Muguio e Ivanilson Muguio que por causa da tenra idade sempre perguntaram ao pai porque é que não estuda aqui em Moçambique? Mas, mesmo assim souberam entender, esperar e se comportar na ausência do pai.

Aos meus irmãos em geral que sempre me deram o apoio moral que tanto necessitei.

Ao Arquiteto Albino Mazembe (ex-Diretor do INFATEC) pelo incentivo, apoio moral e material para que a minha vinda ao Brasil fosse possível.

À atual Diretora do INFATEC, Laurinda João Guila que para além do incentivo, também soube dar continuidade ao apoio moral e material iniciado pelo Arquiteto Albino Mazembe e que eu tanto precisei.

Ao meu colega de trabalho no INFATEC e ex-Chefe do Departamento de Administração e Finanças, Emílio Mabjaia que comigo traçou os custos e plano de desembolso da minha bolsa de estudos.

Ao Edson Chingotuane, *focal point* do INFATEC junto do MCA pela tramitação de alguns expedientes.

Ao MCC/MCA-Millennium Challenger Corporation representado pelo Millennium Challenger Account Moçambique por terem financiado a minha bolsa de estudo.

Ao Diretor executivo do MCA-Millennium Challenger Account Moçambique pela atenção e paciência na análise de toda documentação referente a minha bolsa de estudo.

Aos colegas do MCA, nomeadamente eng. Carlos Mugoma, eng. Mário Ruy, dr Hanif, Janeiro e Gamaliel que sempre me deram apoio no encaminhamento de vários expedientes relacionados com a minha bolsa.

Aos laboratórios LaIG I, LaIG II e LabTOPO pelo empréstimo dos receptores GNSS que possibilitaram a realização de vários trabalhos práticos.

Ao projeto de “Levantamento Geológico Estrutural da Barragem da UHE de Mauá, uma Abordagem Inovadora para o Monitoramento Geodésico nos Pontos de Riscos”, em parceria com a ANEEL/COPEL, LACTEC e FUMPAR/UFPR, pelo apoio na hospedagem e

deslocamentos entre Curitiba e a UHE de Mauá e pela aquisição dos equipamentos necessários para que esta pesquisa fosse realizada.

À Professora Doutora Cláudia Robbi pelo contato mantido e envio de documentações para que a minha vinda ao PPGCG da UFPR fosse possível.

À Mônica, secretária do PPGCG da UFPR, pelo apoio no contato com a coordenação.

Ao IBGE e IGS pelo fornecimento de dados RINEX das estações base e das efemérides precisas respectivamente, ambas de forma gratuita.

Aos colegas e ex-colegas do PPGCG: Raquel, Wander, Marly, Niarkios, Adelson, Andrea, Camila, Alyne, Igor, Rodrigo, André, Hecralito, Suci, Susana, Lineardo, Meire, Elizziane, Henry, e todos os outros que de uma ou de outra forma contribuíram para que eu pudesse chegar ao final desse curso.

À todos amigos e compatriotas moçambicanos estudantes e ex-estudantes em Curitiba, em particular ao Ruben Taibo, Jacob Bila e Mário Tuzine pela recepção e acomodação nas primeiras semanas de chegada à Curitiba.

Ao Engenheiro Marcos Soares da COPEL pela presença e acompanhamento em todas as campanhas.

Aos Professores do PPGCG por terem transmitido de uma forma sábia os conhecimentos que me permitiram alcançar esta etapa.

À Professora Maria Aparecida pela oportunidade concedida na assistência as aulas de topografia na graduação.

Ao Professor Doutor Dalto Rodrigues pela participação na banca de qualificação e pelas importantes contribuições para o enriquecimento do presente trabalho.

Ao Professor Doutor Carlos Aurélio Nadal, também pela participação na banca de qualificação e pelas valiosas contribuições para que este trabalho chegasse ao fim com sucesso.

Ao Professor Doutor Luis Augusto Koenig Veiga por me ter dado a oportunidade de assistir as aulas de Topografia I e II, bem como as de Levantamentos Topográficos na graduação. Por contribuir com algumas ideias e sugestões valiosas neste trabalho e pelo apoio que tem estado a prestar para que o INFATEC possa introduzir o curso superior de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Ao Professor Doutor Pedro Luis Faggion, por me ter acolhido, orientado, partilharmos algumas experiências profissionais e desenvolvermos uma grande amizade.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO DE BARRAGEM DE CONCRETO .....	8
FIGURA 2 - BARRAGEM DE WILLOW CREEK NOS EUA .....	11
FIGURA 3 - BARRAGEM DA DERIVAÇÃO DO RIO JORDÃO.....	13
FIGURA 4 - VISTA GERAL DA UHE DE SALTO CAXIAS.....	13
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DA UHE DE MAUÁ .....	14
FIGURA 6 - BARRAGEM DA UHE DE MAUÁ NA FASE DE CONSTRUÇÃO .....	14
FIGURA 7 - PRINCIPAIS ERROS NO POSICIONAMENTO PELO GNSS .....	22
FIGURA 8 - POSICIONAMENTO ABSOLUTO .....	23
FIGURA 9 - POSICIONAMENTO RELATIVO .....	24
FIGURA 10 - DUPLA DIFERENÇA .....	25
FIGURA 11 - ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO POSICIONAMENTO DIFERENCIAL (DGNSS) .....	26
FIGURA 12 - REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS .....	28
FIGURA 13 - ANTENA FIXADA NA CRISTA DA BARRAGEM DE TERRA.....	31
FIGURA 14 - ANTENA AT503 FIXA SOBRE O VIADUTO AVONMOUTH .....	35
FIGURA 15 - ANTENA AT504 EM UMA DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA NO PORTO AVONMOUTH.....	36
FIGURA 16 - ANTENA AX1202 .....	36
FIGURA 17 - ANTENA AT503 FIXADA AO CABO PRINCIPAL DE SUSPENSÃO DA TRAVESSIA DA PONTE EM SEVERN .....	37
FIGURA 18 - ASPECTO DA ROCHA FRATURADA E EXPOSTA PELAS ESCAVAÇÕES..	40
FIGURA 19 - INDICAÇÃO DA POSIÇÃO DO SUPORTE METÁLICO E DA ANTENA GNSS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM.....	41
FIGURA 20 - SUPORTE DA ANTENA GNSS E AS RESPECTIVAS DIMENSÕES.....	42
FIGURA 21 – SUPORTE DA ANTENA GNSS FIXADO NA ESTRUTURA DA BARRAGEM	43
FIGURA 22 - ILUSTRAÇÃO DA ANTENA GNSS COM A RESPECTIVA LIGAÇÃO .....	46

FIGURA 23 - ILUSTRAÇÃO DA LIGAÇÃO ENTRE A ANTENA GNSS E O RECEPTOR GR10 .....	47
FIGURA 24 - COMPONENTES MÍNIMOS PARA A OPERAÇÃO DE UM INSTRUMENTO GR10 .....	48
FIGURA 25 - LIGAÇÃO VIA ETHERNET E DHCP.....	50
FIGURA 26 - OPÇÃO DE PROTOCOLO DE INTERNET EM LOCAL AREA CONNECTION PROPERTIES.....	51
FIGURA 27 - ENDEREÇO IP E MÁSCARA DE SUB-REDE .....	51
FIGURA 28 - PÁGINA DA WEB INTERFACE ABERTA.....	52
FIGURA 29 - TELA DO MENU PRINCIPAL E DEMAIS JANELAS.....	53
FIGURA 30 - PÁGINA DE SESSÕES DE COLETA COM UMA SESSÃO ATIVADA.....	55
FIGURA 31 - TELA DE PROPRIEDADES DA SESSÃO DE COLETA COM O CARTÃO SD HABILITADO .....	55
FIGURA 32 - PÁGINA COM ARQUIVOS GRAVADOS COM OPÇÃO PARA SALVAR.....	56
FIGURA 33 - VETORES DO PROCESSAMENTO DA ESTAÇÃO FLUTUANTE MAUAGNSS1 COM AS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA PRMA, PRGU E UFPR.....	57
FIGURA 34 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES X DA 2 <sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS.....	63
FIGURA 35 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Y DA 2 <sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS.....	63
FIGURA 36 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Z DA 2 <sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS.....	64
FIGURA 37 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES X DA 3 <sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS.....	67
FIGURA 38 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Y DA 3 <sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS.....	67
FIGURA 39 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Z DA 3 <sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS.....	68
FIGURA 40 - VARIAÇÃO DAS COORDENADAS DO PONTO MAUAGNSS1 EM FUNÇÃO DAS SESSÕES DIÁRIAS .....	71

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - FREQUÊNCIAS MÍNIMAS DAS LEITURAS EM BARRAGENS DE CONCRETO.....	7
QUADRO 2 - MASSA ESPECÍFICA DO CCR DE DIVERSAS OBRAS.....	15
QUADRO 3 - DISTÂNCIA DE ALGUMAS ESTAÇÕES DA RBMC EM RELAÇÃO A UHE DE MAUÁ.....	29
QUADRO 4 - DIMENSÕES E OUTROS DETALHES DOS TRÊS TIPOS DE ANTENAS (LEICA, 2005) .....	34
QUADRO 5 - DIMENSÕES E PESO DA ANTENA AS10.....	44
QUADRO 6 - DIMENSÕES E PESO DO RECEPTOR GR10.....	45

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - NÚMERO DE MORTOS CAUSADOS EM ACIDENTES POR RUPTURA DE BARRAGENS.....	17
TABELA 2 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS .....	61
TABELA 3 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS .....	61
TABELA 4 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS.....	62
TABELA 5 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS.....	62
TABELA 6 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS .....	65
TABELA 7 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS .....	65
TABELA 8 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADA DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS.....	66
TABELA 9 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS.....	66
TABELA 10 - DIFERENÇA DAS COORDENADAS AJUSTADAS DAS SESSÕES MAIS RECENTES (f) EM FUNÇÃO DA SESSÃO DE REFERÊNCIA (i), PROCESSADAS COM AS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS .....	70

## LISTA DE SIGLAS

BRAZ – Brasília

CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens

CCR - Concreto Compactado a Rolo

CCRBMC - Centro de Controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS

COPEL - Companhia Paranaense de Eletricidade

DHCP – *Dynamic Host Configuration Protocol*

FORT - Fortaleza

FTP – *File Transfer Protocol*

GLONASS - *Global Navigation Satellite System*

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

GPS - *Global Positioning System*

HCB – Hidroelétrica de Cahora Bassa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICAO - *International Civil Aviation Organization*

ICOLD - *International Commission on Large Dams*

IPv - *Internet Protocol Version*

ITRF – *International Terrestrial Reference Frame*

LAN – *Local Area Network*

PCA - *Portland Cement Association*

PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens

PPP – Posicionamento Por Ponto Preciso

PRGU – Paraná Guarapuava

PRMA – Paraná Maringá

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RINEX – *Receiver Independent EXchange Format*

RTK – *Real Time Kinematic*

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UHE – Usina Hidrelétrica

UPS - *Uninterruptible Power Supplies*

WGS – *World Geodetic System*

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 JUSTIFICATIVA.....	2
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 MONITORAR.....	4
2.1.1 Definição.....	4
2.1.2 Monitoramento geodésico.....	4
2.1.2.1 Técnicas de levantamentos geodésicos.....	4
2.2 INSTRUMENTAÇÃO NO MONITORAMENTO .....	5
2.2.1 Grandezas a serem monitoradas.....	6
2.2.2 Frequência das leituras.....	6
2.3 BARRAGEM .....	7
2.3.1 Barragens construídas em Concreto Compactado a Rolo (CCR).....	8
2.3.1.1 Estruturas de CCR.....	9
2.3.1.2 Principais propriedades do CCR.....	15
2.3.1.3 Vantagens do uso do CCR em barragens.....	16
2.3.2 Segurança de barragens.....	16
2.4 SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE – GNSS ( <i>Global Navigation Satellite System</i> ).....	17
2.4.1 As observáveis GNSS.....	18
2.4.1.1 Pseudodistância.....	18
2.4.1.2 Fase da onda portadora.....	19
2.4.2 Erros envolvidos nas observáveis.....	20

2.4.2.1 Tipos de erros: .....	20
2.5 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO PELO GNSS .....	22
2.5.1 Posicionamento absoluto .....	23
2.5.2 Posicionamento relativo .....	23
2.5.2.1 Posicionamento relativo estático .....	24
2.5.3 Posicionamento diferencial (DGNSS) .....	26
2.6 SISTEMA DE REFERÊNCIA ASSOCIADO AO GPS .....	27
2.6.1 Sistema Geodésico Brasileiro: SIRGAS2000 .....	27
2.6.2 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo: RBMC .....	27
<b>3 ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>30</b>
<b>4 PROPOSTA METODOLÓGICA.....</b>	<b>40</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DA UHE DE MAUÁ .....	40
4.2 RECONHECIMENTO, ESCOLHA DO LOCAL E CONSTRUÇÃO DO SUPORTE .....	40
4.3 CARACTERÍSTICAS DA ANTENA E DO RECEPTOR GNSS .....	44
4.4 INSTALAÇÃO DA ANTENA E DO RECEPTOR.....	45
4.5 PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA A SUA UTILIZAÇÃO.....	48
4.6 CONFIGURAÇÃO DO RECEPTOR.....	53
4.7 COLETA E TRANSMISSÃO DOS DADOS .....	54
4.8 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	56
4.9 AJUSTAMENTO DOS DADOS GNSS .....	59
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>60</b>
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>73</b>
6.1 CONCLUSÕES.....	73
6.2 RECOMENDAÇÕES .....	74
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>79</b>
TECLADO DO GR10.....	80

DESCRIÇÃO DOS LED's DO RECEPTOR GR10 .....	81
CONFIGURAÇÃO DE REDE NÃO DHCP .....	82
CONFIGURAR E INICIAR UMA SESSÃO DE COLETA DE DADOS .....	86
PARAR UMA SESSÃO E DESCARREGAR (GRAVAR) OS DADOS (ARQUIVOS) DO CARTÃO SD PARA O COMPUTADOR.....	91
REINICIAR A SESSÃO PARADA .....	95
INICIAR UMA NOVA SESSÃO APÓS PARADA .....	95
CONFIGURAÇÃO DE REDE DHCP.....	96

## RESUMO

O mundo enfrenta hoje grandes desafios para minimizar os danos provenientes de catástrofes naturais. Mas, o homem com a sua inteligência divina e sábio conhecimento não poupa esforços na construção de grandes estruturas para diversas finalidades. E para que danos potenciais associados, médios ou altos, em termos econômicos, sociais, ambientais ou perdas de vidas humanas provenientes da ruptura de grandes estruturas não sejam adicionadas às provenientes de catástrofes naturais, várias técnicas de monitoramento vem sendo desenvolvidas. É neste contexto que se busca projetar, implantar e analisar uma estação GNSS de monitoramento contínuo na barragem da usina hidrelétrica de Mauá. Esta barragem foi construída utilizando CCR-Concreto Compactado a Rolo e localiza-se no rio Tibagi, entre os municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira no estado do Paraná-Brasil. É uma barragem de médio porte, com 85 m de altura e 745 m de comprimento da crista. Um receptor GNSS foi instalado na ombreira esquerda da barragem e os dados além de serem gravados no cartão SD, são também enviados continuamente para um local FTP criado no servidor FTP da COPEL - Companhia Paranaense de Energia. Estes dados foram processados pelo método relativo estático com as estações PRGU de Guarapuava, PRMA de Maringá e UFPR de Curitiba, pertencentes a RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, através do software Leica Geo Office versão 8.2. Os resultados desta pesquisa sugerem a implantação de uma estação de referência mais próxima ou no entorno da barragem a fim de melhorar a qualidade das coordenadas e consequentemente tornar este sistema de monitoramento mais robusto.

**Palavras-Chave:** Monitoramento Geodésico, Receptor GNSS, Local FTP.

## ABSTRACT

The world today faces great challenges to minimize damage from natural disasters. But the man with his divine intelligence and wisdom knowledge is sparing no effort in building large structures for various purposes. And that potential damage associated, medium or high in economic, social, environmental or losses of human lives from the rupture of large structures are not added to those from natural disasters, several monitoring techniques have been developed. It is in this context that seeks to design, implement and analyze a GNSS station for continuous monitoring of the hydroelectric dam of Maua. This dam was built using the CCR-Roller Compacted Concrete and is located in Tibagi, between the municipalities of Telêmaco Borba and Ortigueira in the state of Parana, Brazil. It is a medium sized dam with 85 m high and 745 m long crest. A GNSS receiver was installed on the left abutment of the dam and the data and are recorded on the SD card, are also sent continuously to a local FTP server created in the FTP COPEL - Companhia Paranaense de Energia. These data were processed by static relative to the seasons PRGU Guarapuava, PRMA of Maringá and UFPR Curitiba, belonging to RBMC - Brazilian Network for Continuous Monitoring through the Leica Geo Office software version 8.2. These results suggest the establishment of a reference station nearest or around the dam in order to improve the quality of the coordinates and thus make the system more robust monitoring.

**Keywords:** Geodetic Monitoring, GNSS Receiver, Site FTP.

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de minimizar os danos potenciais associados, médios ou altos, em termos econômicos, sociais, ambientais ou perdas de vidas humanas, estimula-nos cada vez mais no desenvolvimento de técnicas de monitoramento capazes de prever e analisar prováveis riscos e que nos permitem tomar decisões corretivas ou que visem minimizar ou anular os riscos. No Brasil, a lei nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). A altura do maciço (maior ou igual a 15 m), contada do ponto mais baixo da fundação à crista e a capacidade total do reservatório (maior ou igual a 3.000.000 m<sup>3</sup>) são algumas características das barragens onde a referida lei é aplicável.

A promoção do monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança é um dos objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens, pois, os problemas ainda que em ambientes complexos, podem ser minimizados quando são detetados em sua fase inicial, antes que possam se multiplicar, permitindo aos engenheiros responsáveis tomarem medidas corretivas para garantir a segurança das pessoas, do meio ambiente, dos bens e equipamentos, assim como, a continuidade de serviço. Segundo o CBDB (2001), a barragem deve manter o reservatório em condições de segurança, em relação a qualquer fissuração que possa ser induzida por recalque ou fraturamento hidráulico.

É no contexto acima descrito que se busca projetar, implantar e analisar uma Estação GNSS para o Monitoramento Contínuo da Barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá. Esta barragem foi construída utilizando o CCR-Concreto Compactado a Rolo e localiza-se no rio Tibagi, entre os municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira. Para a realização do monitoramento destas estruturas utilizam-se métodos geodésicos tais como: triangulação geodésica, poligonação, nivelamento geométrico de precisão, levantamentos gravimétricos e levantamentos com sistemas GNSS. É comum associar estas diferentes técnicas, como por exemplo, o posicionamento por GNSS para a determinação das coordenadas planas dos pontos e o nivelamento geométrico de precisão para o controle altimétrico.

Para a realização do projeto aqui proposto, um receptor GNSS (GR10) associado a uma antena GNSS (AS10) foi fixado na crista da barragem, na ombreira esquerda, local onde a rocha apresenta uma estrutura mais frágil e posteriormente seguiram-se as análises de uma série de dados coletados em épocas diferentes.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Projetar e instalar uma estação GNSS para monitoramento contínuo da barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Considerando a estrutura e formação geológica da região onde está construída a barragem, identificar o ponto a ser monitorado continuamente pelo GNSS;
- Construir uma base para a instalação da antena GNSS no ponto a ser monitorado;
- Coletar e transmitir os dados GNSS a partir do ponto monitorado, para uma estação remota;
- Processar os dados GNSS coletados;
- Estudar o comportamento dos resultados face ao processamento dos dados com as estações de referência mais próximas à estação GNSS implantada;
- Analisar a variação das coordenadas tendo em consideração ao nível de água no reservatório e a precisão do equipamento.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Um aspecto importante que justifica a implantação desta estação GNSS de monitoramento contínuo está relacionado com o fato de, diferentemente de todas as grandes usinas do rio Iguaçu, assim como as usinas do rio Jordão e a própria usina de Itaipu que foram implantadas em geologia de rochas basálticas da bacia do Paraná e a usina de Capivari-Cachoeira que foi construída no maciço de rochas cristalinas da Serra do Mar, implantadas em geologia constituídas por rochas ígneas

densas, de alta resistência mecânica e, portanto, mais favoráveis em termos geotécnicos; a usina hidrelétrica de Mauá construída no rio Tibagi, é o primeiro aproveitamento de médio porte a ser implantado no contexto geológico de rochas sedimentares do segundo planalto paranaense. Isto significa que esta estação GNSS para o monitoramento contínuo apresenta um caráter relevante e inovador no quesito de tecnologias para monitoramento de grandes estruturas, no Estado do Paraná.

Sendo esta uma estação GNSS, isto é, com tecnologia de coleta de dados baseados nos sistemas de satélites, para a empresa COPEL não haverá necessidades de alocar técnicos para a realização de medições diretas no terreno, economizando gastos com a mão de obra e tempo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MONITORAR

#### 2.1.1 Definição

Monitorar é acompanhar sistematicamente por meio de indicadores o desenvolvimento das ações de um programa, medir seu andamento e registrar regularmente essas observações, com a finalidade de produzir informações estratégicas para a gestão do programa. O registro das informações geradas pelo monitoramento de programas normalmente é feito em relatórios, que orientam a tomada de decisões gerenciais, com a finalidade do aperfeiçoamento do desenvolvimento das ações de um programa e sua revisão, para a geração dos resultados esperados (Governo de MG, 2009).

#### 2.1.2 Monitoramento geodésico

Monitorar um ponto, considerando-se o aspecto do posicionamento geodésico, significa determinar e comparar as coordenadas desse ponto em duas épocas distintas, e verificar se, dentro de um certo nível de confiabilidade (significância), houveram variações significativas nessas coordenadas. Isso pode ser realizado tanto em planimetria como em altimetria ou planialtimetria. Dessa forma, o monitoramento geodésico de uma estrutura envolve a realização de campanhas periódicas de observação de pontos de interesse (*U. S. ARMY*, 1994).

A instrumentação de segurança de barragens (como pêndulos e extensômetros) permite a determinação de deslocamentos relativos, enquanto que o uso de técnicas geodésicas conduz à determinação de deslocamentos absolutos, permitindo quantificar sua magnitude e direção (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002).

##### 2.1.2.1 Técnicas de levantamentos geodésicos

Segundo *U. S. ARMY (1994)*, os levantamentos geodésicos efetuados em uma rede de pontos topográficos, utilizando medidas de direções horizontais,

ângulos verticais e medidas de distância, usualmente proporcionam suficiente redundância de observações para análises estatísticas de qualidade e detecção de erros. Esta técnica proporciona informações globais sobre o comportamento do objeto deformável, enquanto as medições geotécnicas proporcionam informações localizadas e, muito frequentemente, informações locais sem qualquer verificação a não ser a comparação com outras medidas independentes.

A triangulação geodésica, poligonação, nivelamento geométrico de precisão e determinação de coordenadas utilizando o GNSS, representam alguns métodos de levantamentos geodésicos utilizados para fins de monitoramento. No caso de monitoramento de grandes estruturas, como por exemplo, barragens, é comum associar os diferentes métodos mencionados anteriormente.

## 2.2 INSTRUMENTAÇÃO NO MONITORAMENTO

Segundo as definições de monitoramento em geral e monitoramento geodésico em particular, apresentadas anteriormente, é fácil perceber a grande relevância da instrumentação no monitoramento. Mas, como forma de tornar mais claro o conceito de instrumentação que muitas vezes se confunde com a auscultação, a seguir são apresentadas as respectivas definições de acordo com a ELETROBRÁS (2003), em Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas.

Instrumentação refere-se ao conjunto de dispositivos instalados nas estruturas e em suas fundações objetivando monitorar seu desempenho através de medições de parâmetros, cujos resultados, devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar suas condições de segurança.

Auscultação é o conjunto de métodos de observação do comportamento de uma determinada obra de engenharia, com o objetivo de controlar as suas condições de segurança, comprovar a validade das hipóteses e dos métodos de cálculo utilizados no projeto, verificar a necessidade da utilização de medidas corretivas, fornecer subsídios para a elaboração de novos critérios de projeto, etc.

Como pode-se depreender das definições acima, o conceito de auscultação é mais abrangente, pois engloba desde o plano de instrumentação, com a especificação dos instrumentos a serem instalados, cuidados a serem tomados na instalação, metodologia de leitura e manutenção dos instrumentos, frequências de

leituras, etc., passando pela definição de valores de referência para futura comparação com os valores medidos, e definição das rotinas e frequência das inspeções visuais.

### 2.2.1 Grandezas a serem monitoradas

Para que o monitoramento seja efetivo, torna-se necessário saber que grandezas devem ser monitoradas e qual é o tipo de estrutura. Decorrente desta situação, são a seguir apresentados de acordo com a ELETROBRÁS (2003), em Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas as principais grandezas a serem monitoradas em barragens de Concreto Compactado a Rolo (CCR).

- Vazões de infiltração;
- Subpressões na fundação;
- Recalques na fundação dos “blocos-chave”;
- Comportamento térmico do concreto;
- Deslocamentos horizontais e verticais da crista;
- Deslocamentos diferenciais entre blocos;
- Pressão intersticial entre camadas de concretagem.

### 2.2.2 Frequência das leituras

Uma das principais atividades na instrumentação de monitoramento é a frequência das leituras. Segundo FIORINI (2008), considera-se uma frequência ótima quando 80% ou mais dos instrumentos são lidos de acordo com as recomendações da *International Commission on Large Dams* (ICOLD) ou outra entidade oficial, ou conforme recomendado por estudos de engenheiros especialistas certificados. Considera-se satisfatória uma frequência quando 50% ou mais dos instrumentos obedecem a regra acima.

Ainda Segundo FIORINI (2008), o primeiro enchimento do reservatório é a fase mais delicada para a barragem; de fato, de acordo com as estatísticas dos acidentes, a maioria dos problemas ocorre durante o enchimento do reservatório e no primeiro ano subsequente. Isto é bastante óbvio pois qualquer falha estrutural ou

de estanqueidade existente se manifesta com os primeiros carregamentos e percolações. Com o passar dos anos as barragens sofrem fenômenos de deterioração e enfraquecimento, os quais devem ser detectados e submetidos a medidas de recuperação. O quadro 1, ilustra as frequências mínimas das leituras em barragens de concreto.

Grandeza medida	Período de observação			
	Construtivo	Primeiro enchimento	Início de operação (*)	Operação normal
Deslocamento “absoluto” (geodésia)	Ao final da construção	Mensal	Trimestral	Semestral
Deslocamento angular (Pêndulos)	Quinzenal	Semanal	Mensal	Mensal
Deslocamento relativo (medidores de junta)	Semanal	2 semanais	Quinzenal	Mensal
Deformação interna	Semanal	2 semanais	Semanal	Mensal
Tensão	Semanal	2 Semanais	Semanal	Mensal
Temperatura do concreto	Semanal	Semanal	Quinzenal	Mensal
Pressão intersticial no concreto	Semanal	2 Semanais	Quinzenal	Mensal
Cargas (cabos de protensão)	Diárias durante a protensão	2 Semanais	Semanal	Mensal
Subpressão na fundação	Semanal	3 Semanais	2 Semanais	Quinzenal
Vazão de infiltração	-	Diárias	3 Semanais	Semanal

(\*) Para casos particulares, manter frequência semanal

QUADRO 1 - FREQUÊNCIAS MÍNIMAS DAS LEITURAS EM BARRAGENS DE CONCRETO

FONTE: ELETROBRÁS (2003)

### 2.3 BARRAGEM

As barragens podem ser construídas em concreto (Figura 1), ( gravidade, arco e contraforte), terra e enrocamento.



FIGURA 1 - EXEMPLO DE BARRAGEM DE CONCRETO

FONTE: HCB (2009)

A barragem da usina hidrelétrica de Mauá, objetivo do nosso estudo foi construída em CCR. Na sequência serão apresentadas as principais características das barragens construídas usando esta tecnologia.

### 2.3.1 Barragens construídas em Concreto Compactado a Rolo (CCR)

Segundo a *Portland Cement Association* (PCA, 1987), o Concreto Compactado com Rolo é um material misturado, espalhado e compactado com equipamentos tradicionalmente empregados na pavimentação rodoviária, com consistência seca e trabalhabilidade tal que permita a compactação por rolos vibratórios.

OLIVEIRA e SALLES (1995) definem o CCR como um concreto de consistência seca (*no slump*), aspecto arenoso e com propriedades próprias, que é transportado, espalhado e compactado de forma contínua, através de máquinas normalmente aplicadas em obras de terra e enrocamento.

MARQUES FILHO (2005) descreve o CCR como uma técnica construtiva com peculiaridade de uso intensivo de equipamentos empregados tipicamente em obras de terra/enrocamento, utilizando um material conhecido (concreto), objetivando máxima velocidade de lançamento, aliado a custos baixos e teores de cimento relativamente pequenos para minimização dos efeitos de variações volumétricas de

origem térmica.

Apesar de ligeiramente diferenciados, os conceitos de CCR convergem para o aumento da produtividade na execução, buscando maiores velocidades de lançamento, reduzindo o consumo de cimento e incidência de mão de obra, ou seja, uma técnica que representa uma evolução natural das barragens de concreto convencional, cujo projeto previa um cronograma invariavelmente extenso.

A automação da técnica de CCR, no entanto, depende de pessoal treinado, equipamentos ajustados e materiais definidos. Porém, o treinamento inicial da equipe mostra-se dificultoso, tendo como característica desse tipo de obra a melhora qualitativa dos serviços com o tempo, havendo maior probabilidade de ocorrência de defeitos nas áreas próximas à fundação (MARQUES FILHO, 2005).

#### 2.3.1.1 Estruturas de CCR

São estruturas similares às de concreto massa. São estruturas a gravidade onde os efeitos de variação de temperatura devido ao calor de hidratação do cimento e de retração higrotérmica passam a ser significativos, e, também aquelas cujo comportamento não pode ser satisfatoriamente definido a partir das teorias clássicas da análise estrutural. De modo geral tais estruturas são sempre de concreto simples (sem armadura) ou eventualmente com armadura para resistir a esforços localizados. O Concreto Compactado Com Rolo em grandes estruturas, como é no caso de barragens, já vem sendo utilizado a alguns anos atrás, como reportam algumas pesquisas seguintes.

O elevado custo do concreto e o aumento da popularidade das barragens de terra e enrocamento impulsionado pelo desenvolvimento da tecnologia de mecânica dos solos, favoreceram o declínio da construção das barragens de concreto, que até 1950 representava ao nível mundial uma porção igual à 38%, com a exceção da China. Entre 1951 e 1977, essa porção que representava o número das barragens construídas a base de concreto, decresceu para 25%, agravando-se ainda mais entre 1978 e 1982 quando atingiu uma queda correspondente à 16,5% (HANSEN e REINHARDT, 1991).

LUÍS MILANI FILHO (2003) escreveu que em 1970 e em 1972, realizaram-se as conferências de asilomar nos Estados Unidos, cuja atenção, esteve centrada na

busca de segurança das barragens de concreto e na eficiência da construção das barragens de terra.

Ainda segundo o mesmo autor, destacou-se naquelas conferências o trabalho denominado *The Optimum Gravity Dam*, de Raphael, J. M., em 1970, que aborda a aplicação de equipamentos de construção de maciços de terra e de rocha para a construção de maciços de concreto, impulsionando assim o desenvolvimento da metodologia do Concreto Compactado com Rolo.

Entre 1958 e 1964 com a construção da barragem de Alpe Gera na Itália, foi dado um importante ponto de partida para o desenvolvimento de novos métodos de construção de barragens de concreto. Em lugar dos tradicionais blocos de concreto verticais, o concreto foi lançado em várias camadas horizontais, com cerca de 0,70 m de altura. Deste modo, a barragem de concreto foi executada com metodologias de construção de terra, sendo o concreto transportado por caminhões fora de estrada e espalhado com trator de esteira do tipo Bulldozer. O adensamento do concreto foi realizado com vibrador de imersão. Tal fato impediu que a barragem de Alpe Gera se tornasse a primeira a ser executada em Concreto Compactado com Rolo. Um método construtivo similar foi usado na mesma época, na barragem de Quaira Della Miniera, também na Itália (GENTILE, 1964).

Segundo LUIZ MILANI FILHO (2003), John Lowe publicou em 1981 um artigo sobre a aplicação de Concreto Compactado a Rolo em uma ensecadeira com 65 m de altura em Formosa, em 1962, na barragem de Shihmen. Essa técnica recebeu a denominação de *rollcrete*, abreviação de *roller compacted concrete*.

Em 1974, com o objetivo de reduzir os custos e os prazos executivos de barragens de concreto, o Ministério das construções do Japão, por intermédio do *Committee on Rationalized Construction of Concrete Dams*, realizou um programa de pesquisas em que procurou, de antemão, manter a qualidade e o aspecto das barragens de concreto de gravidade. O estudo preliminar relatou que a metodologia adotada na barragem de Alpe Gera combinada com o processo de compactação com rolo vibratório seria a linha mais conveniente a ser seguida (ANDRIOLO, 1989).

Uma avaliação da metodologia descrita foi observada em 1976, numa ensecadeira de montante da barragem de Ohkawa. Utilizou-se concreto convencional adensado por vibradores de imersão nas faces dos paramentos da barragem, e o núcleo foi executado simultaneamente com Concreto Compactado

com Rolo. Após essa aplicação, seguiram-se diversas outras execuções de aterros experimentais e ensaios de laboratórios (ANDRIOLO, 1989).

Segundo HANSEN e REINHARDT (1991), entre os anos 1974 e 1982, algo em torno de 2.700.000 m<sup>3</sup> de Concreto Compactado com Rolo foram aplicados na barragem de Tarbela, no Paquistão. A aplicação do concreto rolado ocorreu, inicialmente, em substituição à rocha e maciço, quando, durante o enchimento do reservatório, um dos túneis sofreu colapso. Durante os reparos ocorridos no túnel, foram lançados em torno de 350.000 m<sup>3</sup> de concreto rolado, compactados em 42 dias de trabalho, com pico de 18.000 m<sup>3</sup>/dia. Um fato importante ocorreu durante as cheias de 1980; parte do Concreto Compactado com Rolo, desprotegido e próximo ao vertedouro de serviço, foi submetido a elevadas vazões, não sendo verificado nenhuma erosão de ordem significativa. Tal acontecimento serviu para confirmar a confiabilidade à erosão do concreto rolado, quando submetido ao fluxo de água.

Em 1982, foi notificado o término, em menos de cinco meses, da barragem de Willow Creek (Figura 2), com 52 m de altura, localizada nos Estados Unidos da América. Foi a primeira grande barragem no mundo totalmente construída em Concreto Compactado com Rolo, com volume de CCR em torno de 329.000 m<sup>3</sup> (ANDRIOLO, 1989).



FIGURA 2 - BARRAGEM DE WILLOW CREEK NOS EUA

FONTE – CASTRO

De acordo com KUPERMAN (1996), a primeira aplicação com Concreto

Compactado com Rolo em barragens no Brasil ocorreu em 1978, na Itaipu Binacional. Na ocasião, foi aplicado na rampa de acesso às fundações, na estrutura de desvio, um volume total de 26.000 m<sup>3</sup>, com pico de concretagem de 3.054 m<sup>3</sup>/dia. No mesmo ano, o Concreto Compactado com Rolo foi empregado na barragem de São Simão, onde foram lançados cerca de 40.000 m<sup>3</sup>, em camadas de 50 cm de altura, no preenchimento das galerias de desvio, na parede de concreto e na regularização. Em 1982, foi relatado o primeiro lançamento de CCR em estrutura permanente. A aplicação ocorreu no muro direito da eclusa de navegação de Tucuruí, com um volume de cerca de 12.000 m<sup>3</sup>, executados em camadas de 25 cm de altura. Na Usina Hidrelétrica de Três Marias, foram utilizados aproximadamente 14.600 m<sup>3</sup> de concreto rolado na modificação do perfil do vertedouro.

Um marco importante na aplicação do Concreto Compactado com Rolo no Brasil ocorreu em 1986, quando a barragem de Saco de Nova Olinda, localizada na Paraíba, com 56 m de altura e volume de CCR de 138.000 m<sup>3</sup> foi construída em pouco mais de três meses, obtendo pico de concretagem de 2.500 m<sup>3</sup>/dia. Os resultados e detalhes desta obra receberam destaques tanto no país como no exterior, especialmente pelo custo praticado do concreto rolado, em torno de US\$ 40/m<sup>3</sup>. Foi a primeira barragem brasileira totalmente construída em Concreto Compactado com Rolo e também a primeira barragem de CCR em arco construída no mundo (ANDRIOLO, 1998).

O Estado do Paraná beneficiou na década de 90, da construção de duas primeiras barragens de grande porte em CCR. Derivação do Jordão, da COPEL, em 1996, com 547.000 m<sup>3</sup> de CCR e 95 m de altura (Figura 3). Apesar de ter sido projetada em solução de concreto a gravidade, possui eixo longitudinal curvado por motivos hidráulicos, e como característica importante, licitação com possibilidade de escolha entre arranjo em barragem de CCR ou barragem de enrocamento com face de concreto (MARQUES FILHO, et al., 1996).



FIGURA 3 - BARRAGEM DA DERIVAÇÃO DO RIO JORDÃO

FONTE – (MOSER, MUSSI e OLIVEIRA, 2005)

A figura 4, ilustra a Usina Hidrelétrica Salto Caxias, também da COPEL, construída em 1998, com 66 m de altura e um volume de CCR de 912.000 m<sup>3</sup> (MARQUES FILHO, 2005).



FIGURA 4 - VISTA GERAL DA UHE DE SALTO CAXIAS

FONTE – GRANEMANN (2005)

Após a construção de duas barragens de grande porte em CCR na década de 90, o Estado do Paraná beneficia-se de mais uma barragem em CCR que já se encontra na fase conclusiva, desde o seu início nos finais da década 2000 – 2010.

A usina hidrelétrica de Mauá localizada no rio Tibagi, entre os municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira (Figura 5), é de médio porte e terá uma potência

instalada de 361 MW, sendo 350 MW na casa de força principal e mais 11 MW na secundária, que é implantada junto à barragem para aproveitar a vazão sanitária.

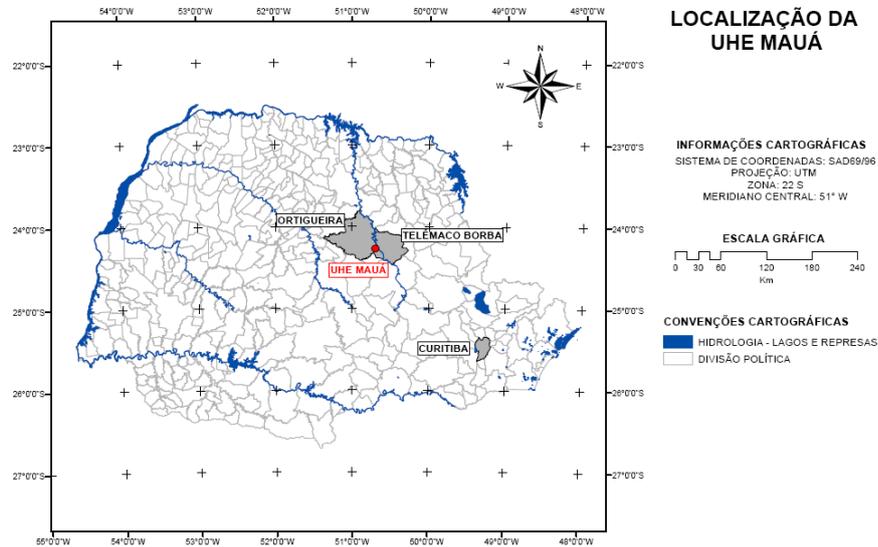


FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DA UHE DE MAUÁ  
 FONTE: SILVA (2011).

Na sequência, a figura 6 mostra a barragem da usina hidrelétrica de Mauá durante a fase de construção.



FIGURA 6 - BARRAGEM DA UHE DE MAUÁ NA FASE DE CONSTRUÇÃO

### 2.3.1.2 Principais propriedades do CCR

Segundo LUIZ MILANI FILHO (2003), o Concreto Compactado com Rolo tem praticamente as mesmas características das propriedades significativas do concreto convencional. Os valores obtidos para as diversas propriedades têm mostrado grande semelhança entre os dois tipos de concreto. Algumas diferenças são geradas, em sua maior parte, na dosagem, pois o CCR possui menor teor de água e de pasta que o concreto convencional.

O que basicamente difere os dois processos é o modo de adensamento. Caso não ocorra similitude entre CCR e o convencional, as causas podem ser atribuídas à diferença na dosagem, granulometria e no índice de vazios. Assim como é possível projetar uma vasta gama de dosagens para o concreto convencional, de modo a fazê-lo atender a determinados requisitos, o mesmo ocorre com o CCR (ANDRIOLO,1989).

A massa específica obtida para o CCR é ligeiramente superior, cerca 1% a 3%, à do concreto convencional com os mesmos tipos de agregados. Isto ocorre devido ao menor teor de água e de pasta da mistura e da maior energia da compactação. Entretanto, caso sejam utilizados finos de menor massa específica como “filler” ou o teor pasta seja aumentado com adições de água ou de materiais pozolânicos, o aumento da massa específica pode não ocorrer.

Em obras executadas no Brasil, foram obtidas a massa específica de CCR de aproximadamente 2,4 t/m<sup>3</sup>, em Tucuruí e Saco de Nova Olinda, e de 2,6t/m<sup>3</sup>, em Itaipú. O quadro 2, mostra os valores de massa específica de diferentes obras em CCR.

OBRA	PAÍS	MASSA ESPECÍFICA (kg/m <sup>3</sup> )
Itaipu	Brasil	2,617
Saco de Nova Olinda	Brasil	2,361
Shimajigawa	Japão	2,460
Ohkawa	Japão	2,303
Sakaigawa	Japão	2,543
Upper Still water	EUA	2,400
Santa Efigênia	Espanha	2,370

QUADRO 2 - MASSA ESPECÍFICA DO CCR DE DIVERSAS OBRAS

FONTE – ANDRIOLO (1989)

### 2.3.1.3 Vantagens do uso do CCR em barragens

Segundo LACERDA et al. (2006), o CCR apresenta as seguintes vantagens em relação a outros concretos em obras de barragens:

- Produtividade superior a outros processos;
- Redução do custo (cronograma reduzido);
- Mão de obra otimizada e de fácil aplicação;
- Aproveitamento de novos materiais;
- Maior fluência (menor probabilidade de fissuras térmicas);
- Credibilidade no meio técnico;
- Modernização dos processos executivos;
- Menor interferência das condições climáticas no lançamento.

A redução no custo pode ser atribuída ao uso de equipamentos de grande produção, redução do consumo de materiais de custo elevado, redução sensível no uso de formas, e redução e simplificação na infraestrutura de apoio (RESENDE, 2005). A técnica do CCR também diminui o risco de ocorrência de fissuras térmicas e de reações deletérias, principalmente em função do baixo consumo de cimento.

### 2.3.2 Segurança de barragens

Segurança de barragens é a capacidade da barragem para satisfazer as exigências de comportamento relativas a aspectos estruturais, hidráulico-operacionais e ambientais, de modo a evitar a ocorrência de acidentes e incidentes ou minorar as suas consequências ao longo da vida da obra.

Segundo FIORINI (2008), a segurança de barragens é uma preocupação permanente tanto por sua importância econômica específica como pelo risco potencial que representa a possibilidade de ruptura ou outro acidente grave, em termos de vidas humanas, impacto ao meio ambiente, prejuízos materiais e os reflexos econômico-financeiros. A tabela 1, apresenta a ocorrência de acidentes com barragens e suas consequências

TABELA 1 - NÚMERO DE MORTOS CAUSADOS EM ACIDENTES POR RUPTURA DE BARRAGENS

Barragens	Altura da barragem (m)	País	Ano de ruptura	Número de mortos estimado
South Fork	22	USA	1889	4000
Saint Francis	55	USA	1928	2000
Veja de Terra	34	ESPANHA	1959	400
Malpasset	66	FRANÇA	1959	700
Orós	54	BRASIL	1960	1000
Baldwin Hills	18	USA	1963	3
Teton	83	USA	1979	6
Hirakud	61	ÍNDIA	1980	118

FORNE – ICOLD (1997)

Algumas barragens que sofreram rupturas recentemente no Brasil são: Camará em 2004, Apertadinho em 2008 e Espora em 2008.

Ainda segundo FIORINI (2008), as principais causas de ruptura de barragens são:

- Galgamento 60% - causas hidrológicas ou operacionais
- Piping 30%
- Outros 10% (fundações, terremotos, estruturais, etc)

#### 2.4 SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE – GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

GNSS são Sistemas Globais de Navegação por Satélite cujo termo surgiu durante a 10ª Conferência de Navegação Aérea em 1991, quando a Associação Internacional de Aviação Civil (*Internacional Civil Aviation Organization – ICAO*) reconheceu que a fonte primária para a navegação aérea no século XXI seria o

GNSS (MONICO, 2008).

Atualmente estão em operação o GPS e o GLONASS e futuramente espera-se que o Compass-Beidu e o Galileo também entrem em operação. Estes sistemas devem possuir como principais características a integridade, a disponibilidade e fornecer um serviço contínuo aos usuários.

#### 2.4.1 As observáveis GNSS

As observáveis básicas GNSS que permitem determinar posição, velocidade e tempo podem ser identificadas como (SEEBER, 2003; LANGLEY, 1996a):

- Pseudodistância a partir do código; e
- Fase da onda portadora ou diferença de fase da onda portadora.

##### 2.4.1.1 Pseudodistância

As medidas de distância entre o satélite e a antena do receptor baseiam-se nos códigos gerados nos satélites e no receptor. Este último gera uma réplica do código produzido no satélite. O retardo entre a chegada de uma transmissão particular do código, gerado no satélite, e a réplica do código, gerada no receptor, nada mais é do que o tempo de propagação do sinal no trajeto ligando o satélite ao receptor. O receptor realiza essa medida usando a técnica de correlação do código.

A distância é obtida pela multiplicação do tempo de propagação do sinal, resultante do processo de correlação, pela velocidade de propagação da luz. Na literatura sobre GPS, essa observável é denominada pseudodistância, em vez de distância, em razão do não sincronismo entre os relógios (osciladores) responsáveis pela geração do código no satélite e sua réplica no receptor (SEGANTINE, 2001)

A pseudodistância (PD) é igual à diferença entre o tempo  $t_r$  registrado no receptor no instante de recepção do sinal e o tempo  $t^s$ , registrado no satélite, no instante de transmissão do sinal, multiplicado pela velocidade da luz no vácuo. Esta distância, nesta forma simples, não resulta propriamente na distância geométrica  $\rho_r^s$  entre a antena do receptor e antena do satélite, devido entre outros fatores, à refração atmosférica (ionosfera ( $I_r^s$ ) e troposfera ( $T_r^s$ )) e dos efeitos de multicaminho (*multipath* = *dm*), além de outros erros (orbital, por exemplo). Assim, se faz

necessário tomar em consideração as correções em relação à estas interferências para que se possa obter a distância de forma correta (SEGANTINE, 2001).

$$PD_R^S = \rho_r^S + c[dt_r - dt^S] + I_r^S + T_r^S + dm_r^S + \varepsilon_{PD_r}^S \quad (2.1)$$

$PD_R^S$  – Pseudodistância;

$\rho_r^S$  – Distância geométrica entre o satélite e a antena do receptor;

$c$  – Velocidade da luz no vácuo;

$dt_r$  e  $dt^S$  – contribuição dos ruídos gerados internamente no receptor e no satélite respectivamente;

$I_r^S$  e  $T_r^S$  – representa as componentes da atmosfera, nomeadamente ionosfera e troposfera;

$dm_r^S$  – representa os efeitos do multicaminho dos códigos;

$\varepsilon_{PD_r}^S$  – representa a contribuição dos ruídos aleatórios nas medições ou erro da medida da pseudodistância.

#### 2.4.1.2 Fase da onda portadora

A fase da onda portadora é uma observável muito mais precisa do que a pseudodistância. Essa observável é, na realidade, a fase de batimento da onda portadora.

A fase da onda portadora  $\Phi_r^S$  é igual à diferença entre a fase do sinal do satélite, recebido no receptor ( $\Phi^S$ ), e a fase do sinal gerado no receptor ( $\Phi_r$ ), ambas no instante de recepção  $t_r$ .

Segundo KING et al. (1988), a fase observada ( $\Phi_r^S$ ) em ciclos, é dada por:

$$\Phi_r^S(t) = \Phi^S(t) - \Phi_r(t) + N_r^S + \varepsilon\Phi_r^S \quad (2.2)$$

Onde:

$t$  - instante de recepção do sinal na estação  $r$ ;

$\Phi^S(t)$  - fase da onda portadora gerada no satélite  $s$  e recebida na estação  $r$  no instante de recepção;

$\Phi_r(t)$  - fase gerada no receptor no instante de recepção;

$N_r^s$  - chamada ambiguidade da fase; e  
 $\varepsilon_{\Phi_r^s}$  - erro da fase da onda portadora.

#### 2.4.2 Erros envolvidos nas observáveis

As observáveis GNSS, como todas as outras observáveis envolvidas nos processos de medidas, estão sujeitas a erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Para obter resultados confiáveis, o modelo matemático estabelecido deve ser válido para a realidade física que se tenta descrever, e capaz de detectar problemas. Dessa forma, as fontes de erros envolvidas nos processos de medidas devem ser bem conhecidas.

##### 2.4.2.1 Tipos de erros:

Erros sistemáticos – podem ser parametrizados (modelados como termos adicionais) ou eliminados por técnicas apropriadas de observação;

Erros grosseiros – são causados por engano na medição, leitura errada nos instrumentos, identificação de alvo, e normalmente estão relacionados com a desatenção do observador ou uma falha no equipamento;

Erros aleatórios – não apresentam nenhuma relação funcional com as medidas e são, normalmente, as discrepâncias remanescentes nas observações, depois que todos os erros grosseiros e sistemáticos forem eliminados ou minimizados. Eles são inevitáveis, sendo portanto, considerados como uma propriedade das observações.

Em relação ao posicionamento pelo GNSS, tem-se 4 fontes principais de erros: satélite, propagação do sinal, receptor/antena e estação.

- Satélite:
  - Erro da órbita;
  - Erro do relógio;
  - Relatividade;
  - Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite;

- Centro de fase da antena do satélite.
  - Propagação do sinal:
    - Refração troposférica;
    - Refração ionosférica;
    - Perda de ciclos;
    - Multicaminho ou sinais refletidos;
    - Rotação da Terra.
  - Receptor/Antena:
    - Erro do relógio;
    - Erro entre os canais;
    - Centro de fase da antena do receptor;
    - Atraso entre as duas portadoras no hardware do receptor.
  - Estação:
    - Erro nas coordenadas;
    - Marés terrestres;
    - Movimento do pólo;
    - Carga dos oceanos;
    - Pressão atmosférica.

A figura 7, mostra os principais erros do posicionamento pelo GNSS.

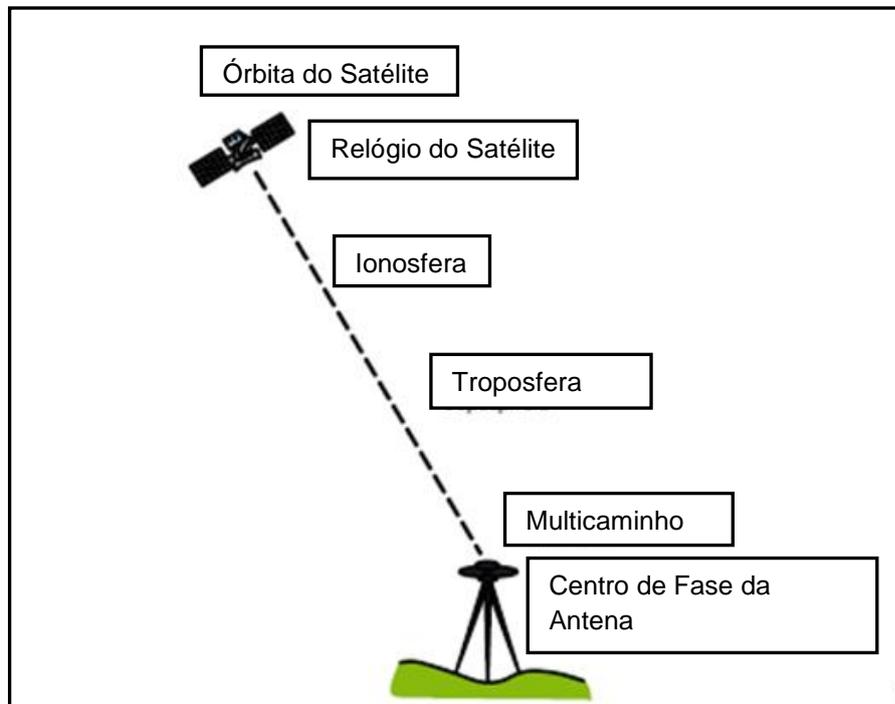


FIGURA 7 - PRINCIPAIS ERROS NO POSICIONAMENTO PELO GNSS

FONTE: WESTON e SCHWIEGER (2010)

## 2.5 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO PELO GNSS

Posicionamento é definido como sendo a determinação da posição de objetos em relação a um referencial específico. Assim, a classificação dos métodos de posicionamento são em função das suas coordenadas.

Também é possível definir o posicionamento GNSS em função do momento da estimativa da posição da estação de interesse e da posição dos pontos. Quando a estimativa da posição da estação de interesse ocorre praticamente no mesmo instante em que as observações são coletadas, estamos perante posicionamento em tempo real e quando a estimativa das posições dos pontos ocorre em um processamento posterior à coleta das observações, estamos perante o posicionamento pós-processado. E cada um deles apresenta vantagens e desvantagens e sua adoção depende, sobretudo, da aplicação (MONICO, 2008).

### 2.5.1 Posicionamento absoluto

O posicionamento diz-se absoluto, quando as coordenadas de um objeto estão associadas diretamente ao geocentro. Segundo WESTON e SCHWIEGER (2010), no posicionamento absoluto (figura 8), também denominado posicionamento por ponto, quando se utilizam efemérides transmitidas, a posição do ponto é determinada no referencial vinculado ao sistema que está sendo usado. No caso do GPS é o WGS 84, que atualmente é realizado pelo WGS 84 (G1150), e no caso do GLONASS, o PZ90. No entanto, quando são empregadas as efemérides precisas e as correções dos relógios, com dados da fase da onda portadora, tem-se o denominado posicionamento por ponto preciso (PPP). Nesse caso, o referencial vinculado ao posicionamento é aquele das efemérides precisas (atualmente ITRF2005).

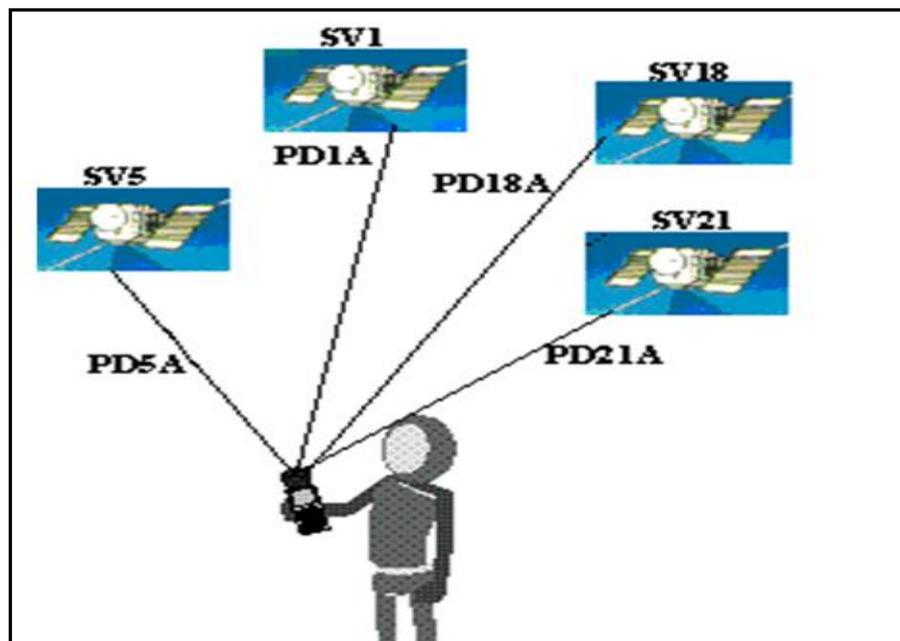


FIGURA 8 - POSICIONAMENTO ABSOLUTO

FONTE: KRUEGER, C.P. (2011)

### 2.5.2 Posicionamento relativo

O posicionamento diz-se relativo quando as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. Segundo WESTON e SCHWIEGER (2010), o posicionamento relativo

(figura 9) caracteriza-se pela observação simultânea dos sinais dos satélites em pelo menos duas estações distintas, tomando uma como ponto base de coordenadas conhecidas, o que contribui significativamente para redução de erros, especialmente do erro do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera.

Anteriormente, para a realização do posicionamento relativo o usuário devia dispor de dois ou mais receptores. Mas com a criação dos chamados Sistemas de Controle Ativos (SCA), o usuário que dispor de apenas um receptor poderá efetuar este tipo de posicionamento, bastando para tal, acessar os dados de uma ou mais estações pertencentes ao SCA, que no caso do Brasil é a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (IBGE, 2008).

Além das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) que dispõem de receptores GPS coletando dados brutos 24 horas por dia, existem também as estações da RIBaC – Rede INCRA de Bases Comunitárias do GNSS, da Manfra ou mesmo implantadas pelo usuário em marcos de coordenadas precisas conhecidas.

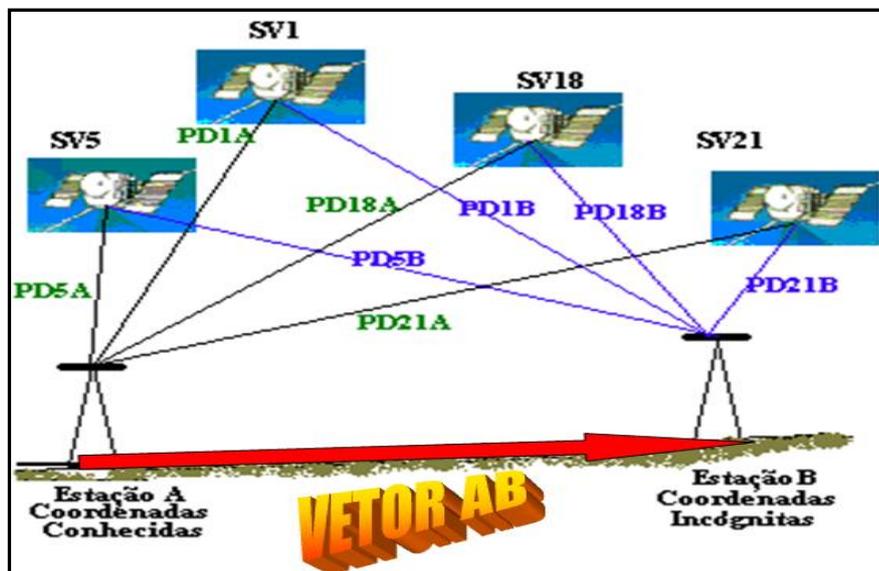


FIGURA 9 - POSICIONAMENTO RELATIVO

FONTE: KRUEGER, C. P. (2011)

#### 2.5.2.1 Posicionamento relativo estático

Avaliar o comportamento de um ponto da UHE de Mauá é uma atividade onde

os deslocamentos esperados são da ordem de milímetros, e é por esta razão que será aplicado o método de posicionamento relativo estático, pois segundo MONICO (2008), este método permite obter uma precisão da ordem de 1,0 a 0,1 ppm, ou mesmo melhor do que isso. Porém, nas redes geodésicas em que as linhas de bases envolvidas forem longas (maiores que 15 km) e a precisão requerida for melhor que 1 ppm, é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência.

O método de posicionamento relativo estático consiste na determinação das coordenadas das estações itinerantes sobre as quais a antena do receptor GNSS é instalada, e caracteriza-se por dois ou mais receptores rastrearem, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de dezenas de minutos (20 minutos no mínimo) até algumas horas, com uma taxa de gravação dos dados de 15s, 30s ou 60s.

A observável normalmente adotada no posicionamento relativo estático é a dupla diferença da fase de batimento da onda portadora, muito embora possa também se utilizar a dupla diferença da pseudodistância, ou ambas (MONICO, 2008). Esta situação ocorre pelo fato da precisão da fase da onda portadora ser muito superior à da pseudodistância. A figura 10 ilustra a dupla diferença.

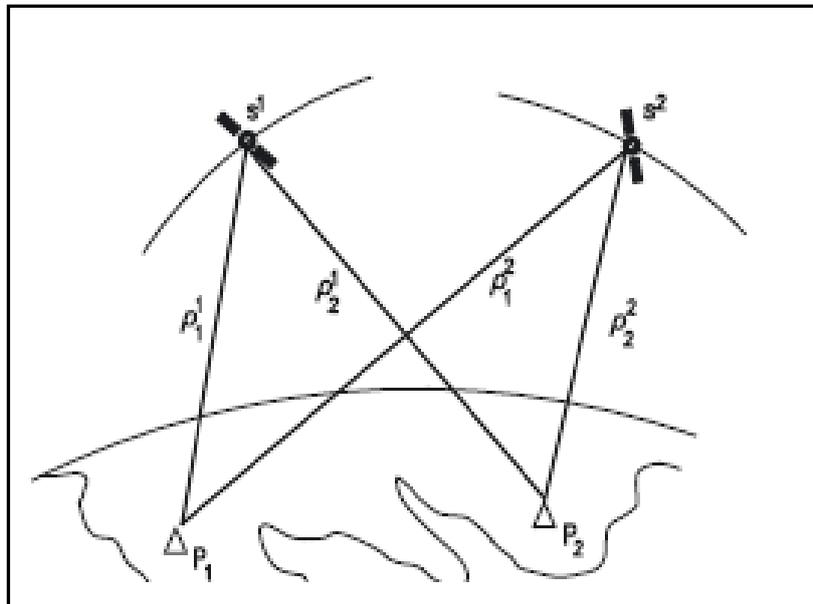


FIGURA 10 - DUPLA DIFERENÇA

FONTE: WESTON e SCHWIEGER (2010)

### 2.5.3 Posicionamento diferencial (DGNSS)

O método de posicionamento diferencial DGNSS, ilustrado na figura 11, é baseado na aplicação de dois ou mais receptores, onde a antena de referência é estacionada sobre um ponto de coordenadas conhecidas e o objeto a ser posicionado pode estar em repouso ou em movimento. Neste método, todas as antenas receptoras que participarem da sessão de observação deverão observar simultaneamente o mesmo conjunto de satélites. As coordenadas do ponto sobre o qual se instala a antena de referência servem para calcular as correções diferenciais, que podem ser obtidas a partir das medições das pseudodistâncias neste ponto ou através das diferenças entre as coordenadas estimadas e as coordenadas conhecidas (SEGANTINE, 2001).

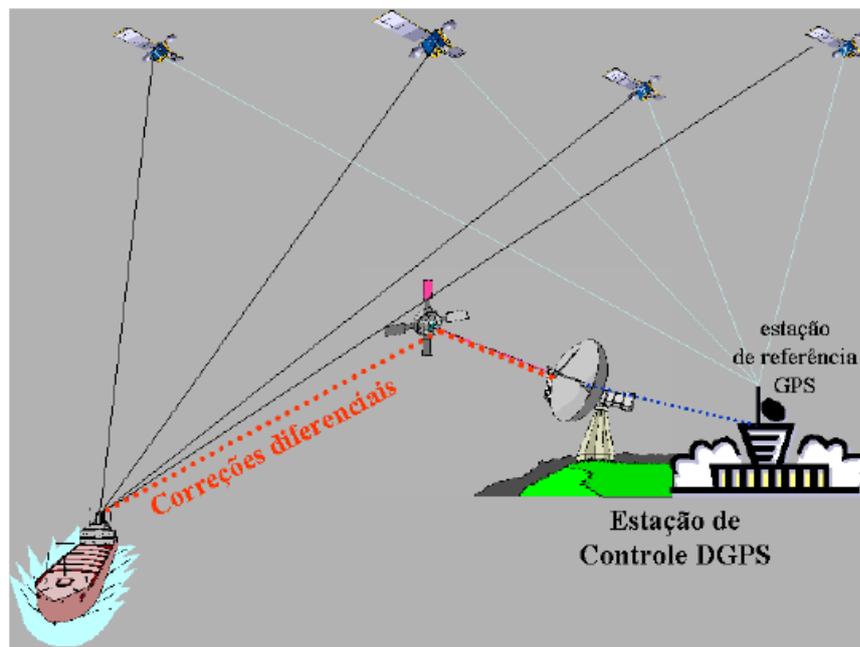


FIGURA 11 - ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO POSICIONAMENTO DIFERENCIAL (DGNSS)

FONTE: SEGANTINE (2001)

## 2.6 SISTEMA DE REFERÊNCIA ASSOCIADO AO GPS

Segundo MONICO (2008), quando se utilizam efemérides transmitidas, o sistema de referência associado ao GPS é o WGS 84. Assim, quando um levantamento é efetuado usando-se GPS em sua forma convencional, as coordenadas dos pontos envolvidos são obtidas nesse sistema de referência. É importante citar que este sistema tem sido atualizado com vista a melhorar as coordenadas das estações monitoras e por essa razão alguns parâmetros têm sofrido alterações.

Apesar do substancial aperfeiçoamento obtido com as novas realizações do WGS 84, não se deve esperar essa mesma qualidade para as coordenadas das estações determinadas anteriormente a essas novas realizações após a aplicação de transformações geométricas. A precisão resultante das coordenadas em um processo de transformação será, no mínimo, igual à da que contém os piores resultados (MONICO, 2008).

### 2.6.1 Sistema Geodésico Brasileiro: SIRGAS2000

Segundo ZANETTI (2007), em Fevereiro de 2005, o IBGE, responsável pela definição, implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) estabeleceu o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) em sua realização do ano 2000 (SIRGAS2000) como novo sistema de referência geodésico para o SGB.

A adoção do SIRGAS2000 no Brasil garante a qualidade dos levantamentos GPS, devido a necessidade de um sistema de referência geocêntrico compatível com a precisão dos métodos e técnicas de posicionamento atuais e com os demais sistemas adotados em outros países.

### 2.6.2 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo: RBMC

Segundo IBGE (2010), o estabelecimento da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos sistemas GNSS – RBMC (figura 12) foi iniciado no final do ano de 1996, sendo a estação PARA (Curitiba, PR), atualmente UFPR a primeira

a ser oficialmente instalada. Antes da estação PARA, somente a estação FORT (Euzébio, CE) e BRAZ (Brasília, DF) haviam sido implantadas em parceria com órgãos internacionais, os quais disponibilizaram equipamentos para as respectivas estações. Neste período, cada estação possuía um receptor e um microprocessador, no qual os dados do receptor eram reformatados e, por uma conexão telefônica, eram transferidos para o Centro de Controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS, doravante denominado CCRBMC. Até o início de 2007, a RBMC possuía 27 estações, a maioria delas com esta configuração.

Em outubro de 2010, a RBMC era constituída por 80 estações de funcionamento contínuo com coordenadas precisamente conhecidas e monitoradas através de processamento semanal dos seus dados. Com a adoção oficial do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS2000, no Brasil em 2005, a RBMC assumiu um papel de grande importância, sendo a Rede de Referência do novo referencial geodésico (IBGE, 2010).

Atualmente, a maioria das estações possui receptores de última geração, os quais dispensam o uso de computadores e a sua comunicação com o CCRBMC para gerenciamento e transferência de dados é feita através da internet. Uma vez configurados, os receptores transmitem dados diariamente e/ou em tempo real, dependendo da estação.

No monitoramento proposto nesta pesquisa pretende-se instalar uma estação na barragem da usina hidrelétrica de Mauá com características de uma estação da RBMC.

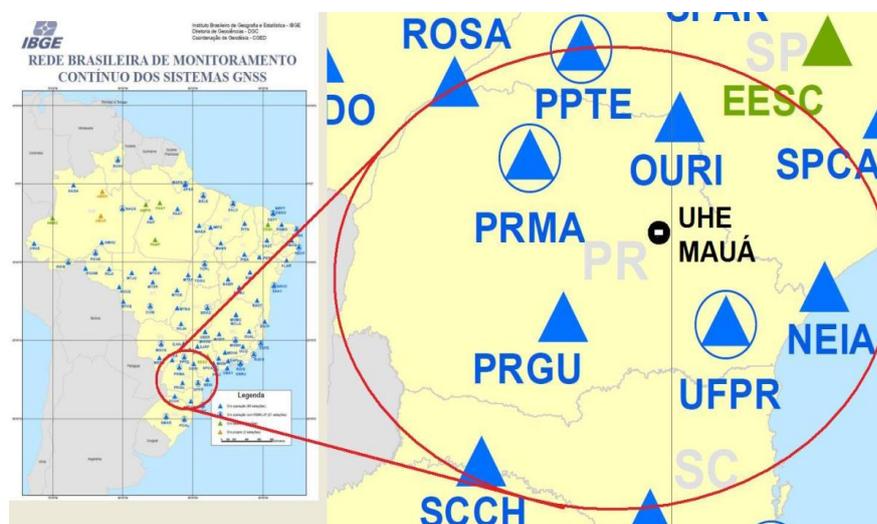


FIGURA 12 - REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS  
 FONTE: ADAPTADO DO IBGE, (2011)

O quadro seguinte, mostra a distância em quilômetros entre algumas estações da RBMC em relação a barragem da UHE de Mauá.

<b>ESTAÇÕES</b>	<b>DISTÂNCIA (km)</b>
Maringá - PRMA	145
Ourinhos - OURI	145
Guarapuava - PRGU	167
Presidente Prudente - PPTE	215
Paraná - UFPR	215
Rosana - ROSA	280
Cananeia – NEIA	300
Chapecó - SCCH	400

QUADRO 3 - DISTÂNCIA DE ALGUMAS ESTAÇÕES DA RBMC EM RELAÇÃO A UHE DE MAUÁ

### 3 ESTADO DA ARTE

Segundo HUDNUT e BEHR (1998), da mesma maneira que instrumentos de registros de fortes movimentos sísmicos tiveram contribuições essenciais para que os engenheiros compreendessem a resposta estrutural quanto à agitação do terremoto, medidas precisas de deslocamentos estáticos de uma estrutura podem indicar danos sutis que possam ser de interesse para a segurança pública. Métodos convencionais de levantamentos têm sido utilizados desde o passado para monitorar deslocamentos estáticos das estruturas de engenharia e certamente irão continuar a ser utilizados por muitos anos. Por exemplo, o Condado de Los Angeles ainda realiza periodicamente pesquisas convencionais (bem como pesquisas frequentes GPS) na barragem de Pacoima para obter informações mais detalhadas espacialmente do que o sistema GPS fornece continuamente. Pesquisas convencionais, no entanto, exigem linha de visão e não se prestam tão bem quanto a autonomia das operações de campo contínuas do GPS (utilizando altas taxas de amostragem e as comunicações de rede integrada). Monitorar a integridade de estruturas de engenharia exige medições de deslocamento de precisão e de um sistema robusto, o mais próximo possível do tempo real. Além de barragens, outros tipos de estruturas de engenharia, tais como viadutos, pontes e arranha-céus podem ser monitorados continuamente com GPS.

Para NICKITOPOULOU *et. al.* (2006), num estudo sobre a precisão, as limitações e as promessas sobre o monitoramento dinâmico e quase estático de deformações de grandes estruturas de engenharia, utilizando GPS que envolveu experimentos feitos com base em um par comum de receptores de dupla frequência e *software* comercial, demonstrou-se que o GPS pode monitorar deslocamentos com uma amplitude superior a 15 mm, com um nível de *outliers* menor que 1,5%.

O GNSS também tem a capacidade de obtenção de medições precisas da fase da onda portadora para o posicionamento na ordem de 5mm (horizontal e vertical) no nível de confiança de 95%, com certas limitações (U.S. ARMY, 2002).

SUCI (2012), num estudo sobre a estabilidade da rede geodésica de monitoramento da usina hidrelétrica de Salto Caxias concluiu que as velocidades dos pilares sofreram uma variação máxima de 1,13 cm/ano e que este valor ressalta a importância de se atualizar as coordenadas para uma dada época de referência,

evitando que o movimento da placa litosférica seja interpretado como deslocamento de um ponto entre diferentes épocas.

Durante e após a formação do reservatório, a avaliação do comportamento dum ponto da barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá envolverá algumas campanhas de trabalhos de campo (coleta de dados). E, de entre as campanhas que serão realizadas, vale ressaltar que a primeira será a de reconhecimento e escolha do local onde será instalado a antena GNSS de monitoramento contínuo.

Segundo SCHAAL e LAROCCA (2007), em uma primeira visita à Usina Canoas I que se encontrava em fase final de construção e o seu enchimento planejado para um futuro de poucos meses, foram escolhidos dois locais para a construção de pilares para instalação das antenas de referência. Para monumentar os pontos de referência, um de cada lado do rio, foram construídos pilares de concreto, com 1,6 metros acima do solo, providos de uma rosca no topo para fixação da antena. Em uma outra barragem de terra, localizada em Porto Primavera, foram escolhidos três pontos de teste na sua crista, locais onde se previa maior recalque. Nesta barragem foram cravados três blocos de concreto, também munidos de rosca para fixação da antena. A rosca para a fixação das antenas se fez necessário devido a presença de vento intenso no vale do rio. Infelizmente, o topo destes blocos teve que ser construído rente ao solo para não serem danificados com a passagem de veículos (figura 13).



FIGURA 13 - ANTENA FIXADA NA CRISTA DA BARRAGEM DE TERRA

FONTE: SCHAAL e LAROCCA (2007)

Para FAZAN (2010), no planejamento e implantação de uma rede geodésica para monitoramento, pode ser considerada como primeira etapa a escolha dos marcos de referência e pontos que serão monitorados na estrutura. Ainda segundo FAZAN (2010), citando o IBGE (2008), o local deve ser livre de obstruções que possam interferir na captação dos sinais dos satélites ou provocar multicaminho e também deve ser de acesso fácil. O solo onde será implantado um marco ou estrutura onde será cravado o dispositivo de centragem forçada deve ser firme e estável, a segurança e preservação do marco devem ser garantidas, assim como a disponibilidade de energia. Um dispositivo de centragem forçada é projetado para facilitar a fixação do equipamento de maneira rápida e segura, garantindo que seja qual for o equipamento utilizado, o mesmo estará ocupando sempre o mesmo ponto.

Segundo RIBEIRO (2008), durante a realização das campanhas com a finalidade de verificação da estabilidade dos pilares da rede de referência da barragem de Itaipu utilizando técnicas de monitoramento geodésicos, foram definidos 20 pontos-objeto para a instalação dos alvos em blocos-chaves do vertedouro e das barragens. Para a referência das observações foi materializada e monumentada uma rede geodésica composta por sete pilares de concreto com dispositivos de centragem forçada padrão Kern. Depois da definição da rede de referência e estabelecimento dos pontos-objetos, foram utilizados os procedimentos de trilateração geodésica, onde as distâncias eram medidas por meio de um Medidor Eletrônico de Distância - MED (Mecômetro ME – 3000 Kern) a partir dos pilares da rede de referência até aos pontos-objetos, e também entre pilares.

Segundo GRANEMANN (2005), no estabelecimento da rede geodésica para o monitoramento de estruturas na Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, a primeira visita técnica visava estudar e planejar a implantação da rede de apoio interna e externa à barragem, onde as primeiras análises concluíram que os pilares da rede de monitoramento externo à barragem deveriam ser implantados à jusante. Na segunda visita técnica, foram realizados testes com a estação total robotizada Leica TCR 705, com a finalidade de se verificar a possibilidade de se monitorar automaticamente os alvos fixados junto às fissuras à jusante da barragem, os quais tiveram sua locação definida em função das necessidades de monitoramento. A fase seguinte foi reservada a construção dos pilares nos locais determinados, fixação dos guarda-corpos e instalação do sistema de centragem forçada após o

período de cura do concreto. Na sequência, para a determinação das características geométricas da rede foi necessário o conhecimento das distâncias e direções entre todos os vértices intervisíveis. As direções foram obtidas pelo método de séries de pares conjugados, que consiste em se realizar observações das direções em ambas as posições da luneta (posição direta – PD e posição inversa – PI) repetidas vezes, formando séries de observações que permitiram a realização da trilateração e triangulação da rede de monitoramento. A campanha GPS para o posicionamento relativo estático da rede foi feita empregando-se as estações de Guarapuava e Maringá, pertencentes a uma rede GPS implantada pelo representante Leica na região sul do Brasil como estações base (de referência), e o comprimento das linhas de bases entre elas e Salto Caxias foi da ordem de 300 km (GRANEMANN, 2005).

Segundo SOARES *et. al.* (2004), o desenvolvimento do projeto de auscultação da barragem de Salto Caxias teve como principais atividades na realização do monitoramento, naquele período, a definição da posição dos pontos da rede com base em pré-análise de métodos e instrumentos, a escolha dos locais de implantação dos pilares de concreto armado e levantamento geodésico da rede.

Ainda segundo SOARES *et. al.* (2004), para a análise de possíveis deslocamentos dos pontos no tempo é necessária a realização de observações em pelo menos duas épocas distintas, comparando-se os resultados obtidos. Para que se tenha confiabilidade nos resultados, é necessário garantir que as mesmas condições e procedimentos realizados na primeira campanha sejam repetidos nas outras campanhas. Não menos importante é verificar a estabilidade dos pontos de referência. Finalmente, após esta coleta de dados e seu ajustamento, há necessidade de verificar se as diferenças entre as coordenadas de um mesmo ponto para duas épocas distintas são estatisticamente significativas, o que efetivamente caracterizará um deslocamento do ponto.

Tratando-se de uma Usina Hidrelétrica e a fim de garantir melhor qualidade na recepção dos sinais dos satélites no receptor, o local da estação não deverá ser afetado por vibrações excessivas e interferências causadas, respectivamente, por tráfego de veículos pesados e ondas de rádio ou superfícies refletoras. Deverá também ser adotado cabo único com o comprimento resultante da estimativa da distância entre o marco onde será instalado a antena e a sala onde ficará o receptor GNSS, levando em consideração a altura do pilar, a profundidade em que o

cabeamento estará enterrado e as devidas passagens. O fornecimento de energia elétrica à sala onde será instalado o receptor deverá ser contínuo, isto é, 24 horas por dia, nos sete dias da semana e equipado com um sistema UPS (*Uninterruptible Power Supplies*) com autonomia de 72 horas, para manter, no mínimo, o receptor em funcionamento.

De um modo geral, a seleção dos equipamentos é de fundamental importância em qualquer atividade de monitoramento de estruturas, porque para além dos vários fatores que influenciam a precisão na coleta de dados, é através das técnicas e dos equipamentos selecionados que é possível minimizar ou mitigar os mesmos.

Segundo ATKINS (2006), GNSS sofre com a limitação que exige uma clara linha de visão entre os receptores e os satélites GNSS. Além disso, o sinal GNSS pode refletir em objetos em torno da antena levando a erros de multicaminho. Isso causa erros nas observáveis GNSS, a mencionar pseudodistância e fase da onda portadora e, conseqüentemente, erros de posicionamento, e este efeito é difícil de separar dos reais movimentos da estrutura a curto prazo.

Um estudo realizado por OGUNDIPE e ROBERTS (2011), a fim de selecionar uma antena para monitoramento da deformação numa ponte, comparando as características da mitigação do multicaminho para três tipos de antena mostradas no quadro 3, concluiu que a antena AT504 (figura 15) é capaz de manter bloqueio para os sinais GPS em ambientes de multicaminho altamente forte. A AX1202 (figura 16) no entanto tem uma boa performance em meio a ambientes de forte multicaminho. A AT503 (figuras 14 e 17) mostrou desempenho semelhante ao da AT504, embora na condição de multicaminho grave durante a última parte do teste, era incapaz de manter bloqueio na fase da portadora.

<b>Tipo da antena</b>	<b>Desenho</b>	<b>Dimensão (dia x alt)</b>	<b>Peso</b>
AX1202	<i>SmartTrack+, Built-in ground-plane</i>	170mm x 62 mm	0,44kg
AT503 <i>choke-ring</i>	<i>Dorne Margolin, JPL design</i>	300 mm x 75 mm	2,45kg
AT504 <i>choke-ring</i>	<i>Dorne Margolin, JPL design</i>	380 mm x 140 mm	4,3 kg

QUADRO 4 - DIMENSÕES E OUTROS DETALHES DOS TRÊS TIPOS DE ANTENAS (LEICA, 2005)

Os resultados mostraram que a AX 1202 comparada com as outras duas

antenas *choke-ring* sob condições de multicaminho médio e forte é favorável. No entanto, sob condições de multicaminho grave, a AT 504 apareceu mais robusta em comparação com as outras duas. Isto sugere que onde é fundamental ter uma antena leve para o monitoramento de deformações da ponte, a AX 1202 apresenta boas características de mitigação de multicaminhos e pode ser usada em conjunto com uma antena *choke-ring* padrão na estação base. Os testes mostraram também que independentemente do tipo de antena, ainda há a exigência de um algoritmo de mitigação do multicaminho robusto durante o processamento dos dados GNSS em ambientes altamente afetados de multicaminho. Mesmo quando os dados foram coletados usando a antena *choke-ring* AT 504, foi possível determinar posições com precisão centimétrica, o que excede o limite de ruído desejado para aplicações precisas, tais como monitoramento de deformação da ponte (OGUNDIPE e ROBERTS, 2011).



FIGURA 14 - ANTENA AT503 FIXA SOBRE O VIADUTO AVONMOUTH



FIGURA 15 - ANTENA AT504 EM UMA DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA NO PORTO AVONMOUTH



FIGURA 16 - ANTENA AX1202



FIGURA 17 - ANTENA AT503 FIXADA AO CABO PRINCIPAL DE SUSPENSÃO DA TRAVESSIA DA PONTE EM SEVERN

No monitoramento que está sendo proposto nesta pesquisa a antena GNSS será fixada por uma estrutura metálica no CCR, na ombreira esquerda da barragem, semelhante com a apresentada na figura 17. Assim, segundo o IBGE (2010), a antena deverá ser selecionada tomando em consideração a sua finalidade, que neste caso é monitoramento de estrutura usando GNSS, razão pela qual deve ser capaz de receber sinais em duas frequências, com possibilidade de rastrear os sinais dos sistemas GPS, GLONASS e GALILEO. Deverá também possuir alta resistência ao efeito do multicaminho (antena do tipo *Choke ring* ou equivalente), oferecer bom desempenho sob alta atividade ionosférica, apresentando uma perda de intensidade de sinal não superior a 14 dB e possuir um centro de fase estável com desvio de, no máximo, 1mm.

A título de exemplo, o IBGE indica a seguir algumas especificações que são típicas ou que caracterizam a aquisição dos equipamentos para as suas estações de monitoramento contínuo. Na seleção da antena deverá ser observado a resistência quando exposta à água, suportar temperaturas de operação de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$  e possuir um cabo com comprimento de pelo menos 30 metros para conectar ao receptor. O receptor deverá possuir no mínimo 12 canais independentes, para cada tipo de onda portadora e sistema de satélite, com capacidade de rastrear fases

completas dos sinais L1, L2 e L5 e códigos C/A, P e L2C. Na observação do sinal emitido pelo satélite, os canais deverão possuir uma autonomia em selecionar qual técnica a ser utilizada, isto é, a possibilidade de observar ao mesmo tempo o código P, quando este não estiver criptografado, e o código Y nos sinais daqueles com implementação de anti-spoofing (AS).

Como no caso da antena, o receptor deverá ter possibilidade de rastrear sinais enviados tanto pelo sistema GPS (*Global Positioning System*), quanto pelo GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) e GALILEO. Deverá também possuir recursos que minimizem a radiointerferência, os efeitos de multicaminho, assim como os níveis de ruído na aquisição dos sinais de uma forma geral.

O receptor deverá possuir no mínimo duas portas seriais RS 232 e uma porta USB para comunicação, memória com capacidade mínima de armazenamento de 1 GB de dados, podendo ser expandida até 2 GB. Possuir intervalo de gravação de dados variável de 1Hz, bateria interna autorrecarregável pelo próprio receptor, com autonomia mínima de 14 horas de rastreamento, e capacidade de alimentação externa com bateria de 12 V, suporte para conexão do receptor diretamente à LAN/Internet (interface ethernet) sem necessidade de conectá-lo a um computador; possibilidade de controle remoto do receptor e de transferência das observações em tempo real através da Internet; possibilidade de armazenamento das observações na memória interna do receptor ao mesmo tempo em que são transferidas através da Internet para o CCRBMC; e assistência técnica e manutenção por representante nacional devidamente capacitado.

Segundo IBGE (2010), durante a instalação da antena no marco, todas as descrições e informações deverão ser documentadas num relatório de descrição da estação da RBMC.

A altura da antena deverá ser medida na vertical, com precisão milimétrica ou melhor, com registros fotográficos que mostrem o monumento com a antena e seus arredores nas direções Norte/Sul, Sul/Norte, Leste/Oeste e Oeste/Leste. Outros registros fotográficos deverão mostrar o dispositivo de centragem forçada, antena instalada e o cabo da antena/receptor, ou seja, destacando a fixação da antena ao dispositivo de centragem forçada e a conexão do cabo na antena. Deverão também mostrar o local e estruturas de apoio (tomadas de energia e rede lógica, UPS, entre outras) onde foi instalado o receptor e as conexões de cabos do receptor, modelos e

números de séries do receptor, antena e acessórios do receptor.

Após a instalação da antena, segue-se a instalação do receptor e a configuração do *firmware*. Neste momento também deverá ser feita a configuração de rede e testada a conexão do receptor com o Centro de Controle da RBMC, lembrando-se que a instalação deverá ser protegida contra descargas elétricas, instalando um sistema de pára-raios, de preferência do tipo ionizantes, evitando, assim, a queima dos equipamentos.

Na metodologia aplicada pelos pesquisadores acima mencionados verifica-se uma semelhança nas metodologias apresentadas pois todos eles objetivam o monitoramento geodésico.

## 4 PROPOSTA METODOLÓGICA

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DA UHE DE MAUÁ

As rochas sedimentares, predominantes no sítio da usina de Mauá, onde também ocorrem, disseminadas no maciço, intrusões de rochas ígneas básicas, diques e soleiras de diabásio, requerem cuidados especiais por parte do projetista em função de sua menor resistência mecânica, maior porosidade, portanto menor densidade e maior suscetibilidade a processos de degradação quando expostas ao intemperismo ou à ação hidráulica (DUARTE *et. al.* 20....). A figura 18 ilustra o aspecto da rocha fraturada e exposta pelas escavações.



FIGURA 18 - ASPECTO DA ROCHA FRATURADA E EXPOSTA PELAS ESCAVAÇÕES  
FONTE: DUARTE *et. al.*

### 4.2 RECONHECIMENTO, ESCOLHA DO LOCAL E CONSTRUÇÃO DO SUPORTE

Anterior a construção e fixação do suporte metálico para a instalação da antena GNSS na estrutura da barragem, foi realizado um reconhecimento do local pelos pesquisadores da Universidade Federal do Paraná, vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, em conjunto com os engenheiros da Companhia Paranaense de Eletricidade-COPEL, e seguidamente pelo estudante

mestrando.

A decisão da equipe foi de instalar a antena GNSS na estrutura da barragem, mais concretamente na ombreira esquerda pois nesse local a barragem foi construída sobre uma fratura geológica, cujo comportamento foi e deve continuar a ser monitorado antes, durante e depois da formação do reservatório (figura 19).



FIGURA 19 - INDICAÇÃO DA POSIÇÃO DO SUPORTE METÁLICO E DA ANTENA GNSS SOBRE A ESTRUTURA DA BARRAGEM

FONTE: ADAPTADO DE OLHO ABERTO PARANÁ

O projeto do suporte foi elaborado buscando minimizar a vibração da antena, causado pela ação do vento e circulação de veículos sobre a barragem. Para tal, concluiu-se que seria necessário a utilização de um tubo de aço galvanizado, de forma cilíndrica com diâmetro interno de 95 mm e externo de 100 mm, engastado sobre uma base retangular de 150 mm x 200 mm com espessura de 10 mm conforme o projeto da figura 20 e 21.

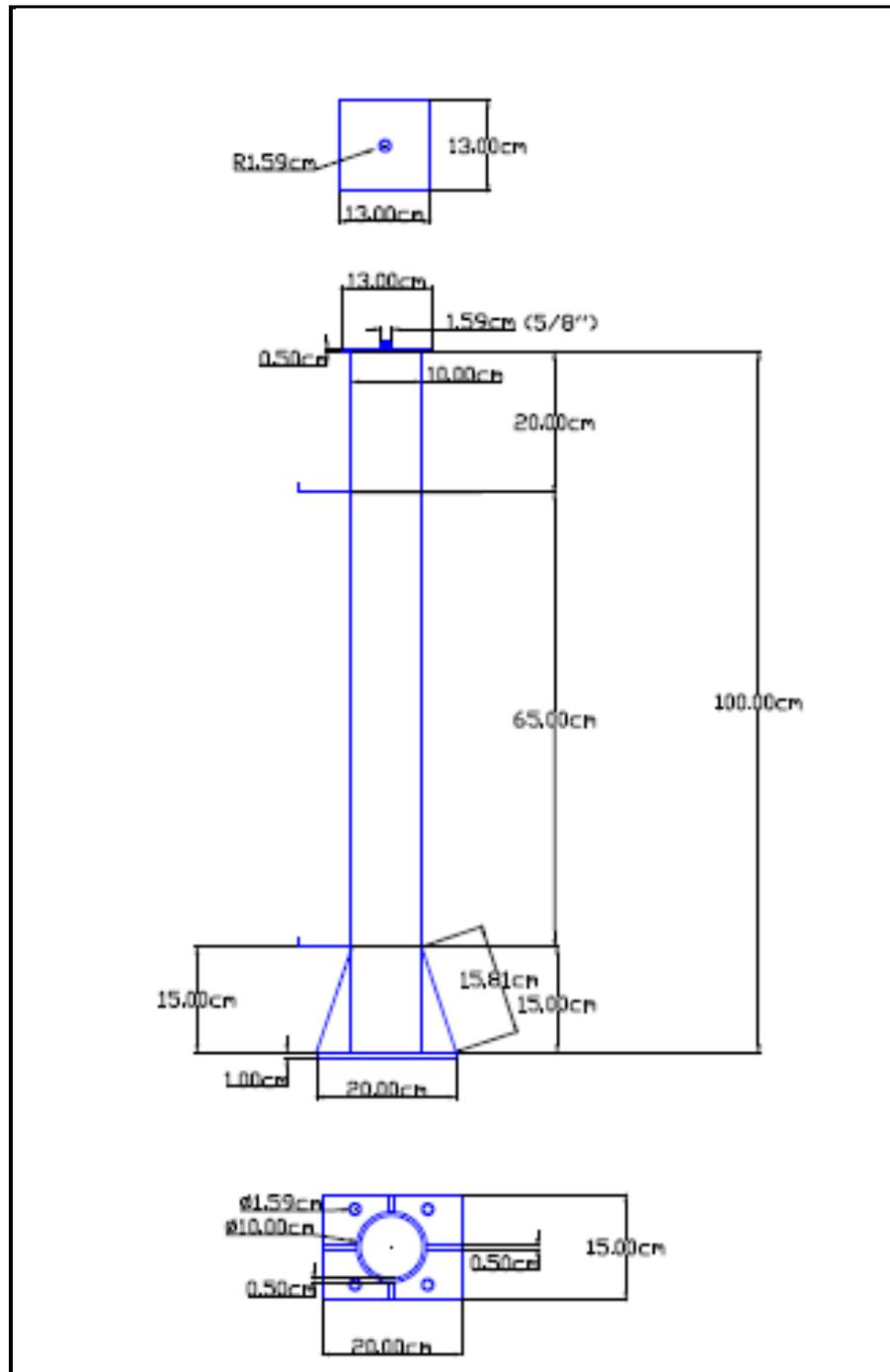


FIGURA 20 - SUPORTE DA ANTENA GNSS E AS RESPECTIVAS DIMENSÕES

FONTE: SUCI (2012)



FIGURA 21 – SUPORTE DA ANTENA GNSS FIXADO NA ESTRUTURA DA BARRAGEM  
FONTE: O AUTOR (2012)

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DA ANTENA E DO RECEPTOR GNSS

Para a aquisição da antena, diversos aspectos foram considerados de forma a garantir a qualidade dos dados coletados. A seguir, são apresentadas algumas especificações da antena escolhida (modelo AS10 da marca Leica) (LEICA GEOSYSTEMS, 2011):

- Antena geodésica compacta;
- Recebe sinais de dupla frequência L1/L2;
- Possibilidade de rastrear sinais dos sistemas GPS, GLONASS, GALILEO;
- Oferece bom desempenho sob alta atividade ionosférica;
- Possui um comprimento de cabo não superior a 10 metros;
- Possui proteção contra entrada de água, poeiras e areia;
- Resiste quando exposto à água e suportar temperaturas de operação entre -40°C e +70°C.

No quadro 5 são apresentadas as dimensões e o peso da antena AS10.

Antena	Dimensões		Peso (kg)
	Altura (cm)	Diametro (cm)	
AS10	6,2	17,0	0,4

QUADRO 5 - DIMENSÕES E PESO DA ANTENA AS10

FONTE: ADAPTADO DE LEICA GEOSYSTEMS (2011)

Tal como a antena GNSS, o receptor GNSS (modelo GR10 da marca Leica), foi adquirido considerando-se os aspectos mencionados a seguir e as suas dimensões são mostradas no quadro 6 (LEICA GEOSYSTEMS, 2011):

- Rastreia fases completas dos sinais L1/L2;
- Rastreia sinais enviados pelos sistemas GPS, GLONASS, GALILEO;
- É robusto sob ação de intempéries e possui recursos que minimizam o multicaminho e radiointerferência;
- Possui uma porta serial RS 232 e uma porta USB para comunicação;
- Intervalo de gravação de dados até 15 segundos;
- Possui baixo consumo de energia;
- Fonte alimentação AC/UPS;
- Possui capacidade de alimentação externa com bateria de 12 V;

- Possibilidade de controle remoto do receptor e transmissão de dados em tempo real;
- Possibilidade de armazenamento dos dados no cartão SD removível e envio dos mesmo pela internet para um local FTP.

Receptor GR10	Dimensões			Peso (kg)
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)	
Sem protetores de borracha	21,0	19,0	7,8	1,50
Com protetores de borracha	22,0	20,0	9,4	1,67

QUADRO 6 - DIMENSÕES E PESO DO RECEPTOR GR10

FONTE: ADAPTADO DE LEICA GEOSYSTEMS (2011)

#### 4.4 INSTALAÇÃO DA ANTENA E DO RECEPTOR

Após a fixação do suporte da antena, conforme definição da posição descrita no item 4.3, instalou-se a antena neste suporte utilizando uma base nivelante. A figura 22 mostra a antena instalada sobre a base nivelante e o cabo (cabo 632372 GEV 119 LEICA), de 10 metros que deve ligar a antena e o receptor, com registros fotográficos, destacando a conexão do cabo na antena e o suporte metálico fixado na estrutura da barragem.

O receptor GR10, foi instalado no interior de uma caixa metálica fixada na estrutura da barragem e junto ao suporte da antena GNSS (figura 23). Na caixa contendo o receptor foram feitas algumas aberturas que permitiram as ligações dos cabos da antena, da internet e da fonte de alimentação. Outras aberturas foram feitas para permitirem a ventilação do receptor.

Na figura 23 também são ilustrados os terminais do cabo de fibra óptica que faz a conexão através de um adaptador com o cabo de internet para a transmissão de dados. O cabo de fibra óptica tem um comprimento acima de 100 metros e faz a ligação entre o receptor GR10 e o swich da COPEL localizado na comporta 1.

Depois da instalação da antena e sua conexão com o receptor, o mesmo foi configurado de acordo com os parâmetros que caracterizaram o rastreo, a aquisição e transmissão dos dados.

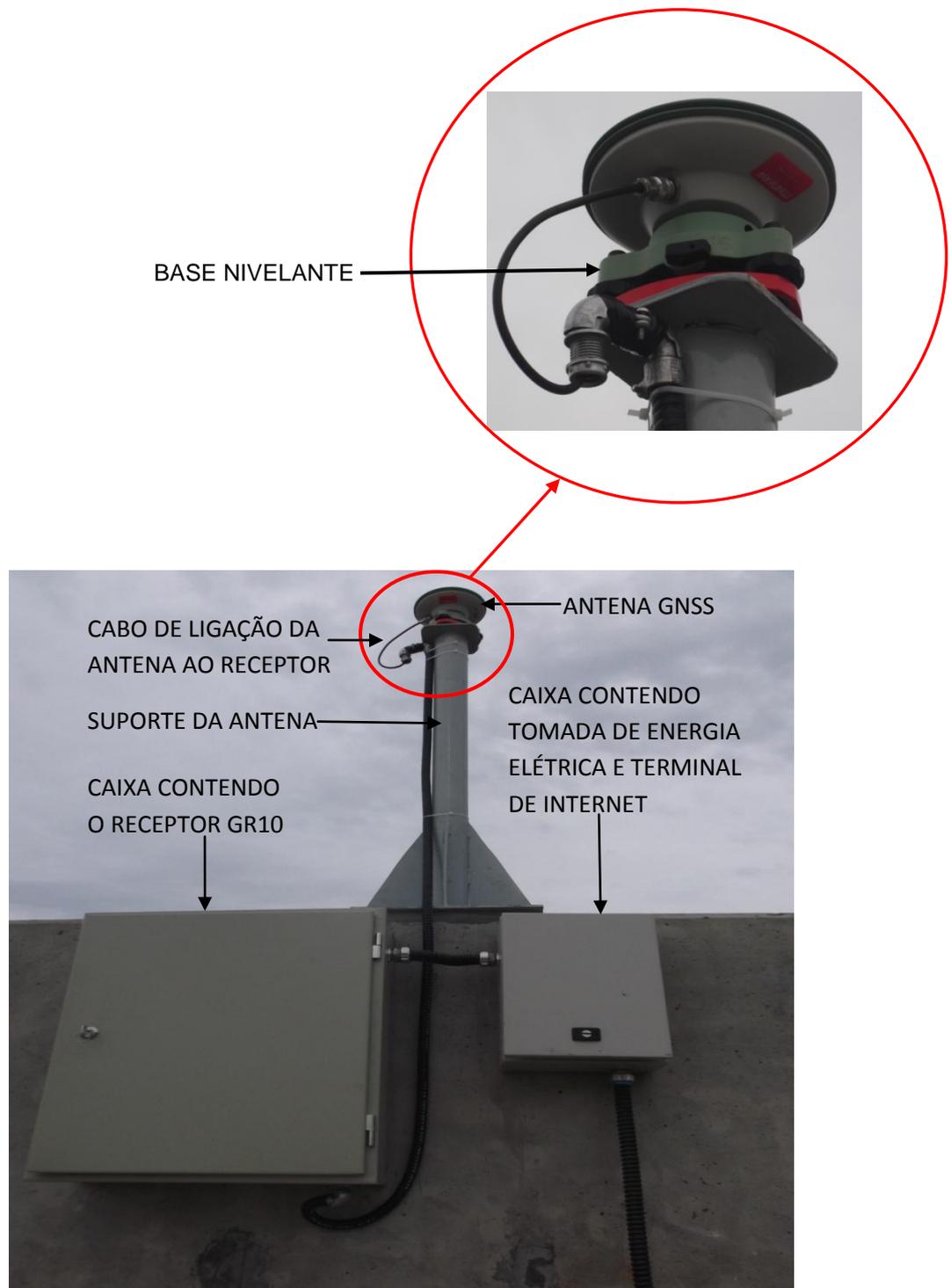
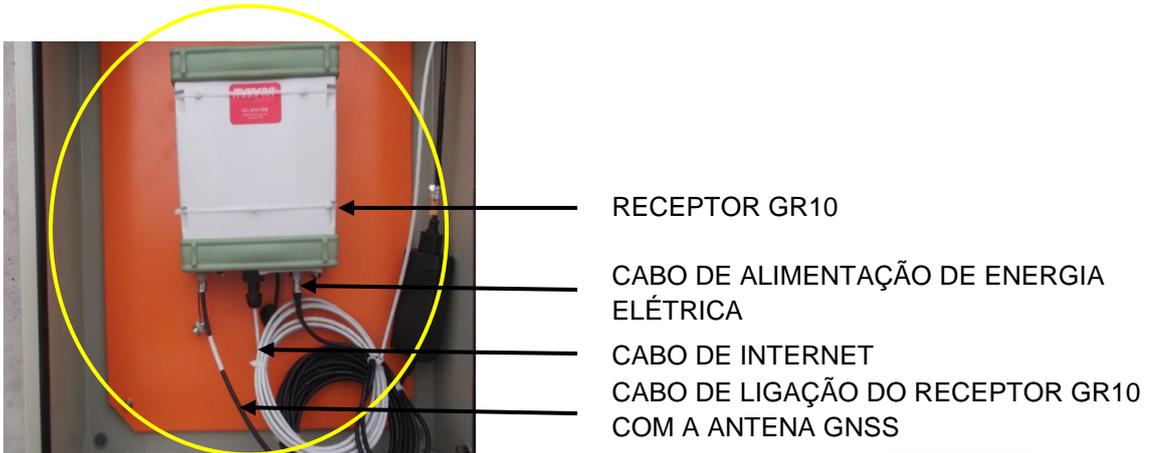


FIGURA 22 - ILUSTRAÇÃO DA ANTENA GNSS COM A RESPECTIVA LIGAÇÃO

FONTE: O AUTOR (2012)



CABO DE ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
CABO DE FIBRA ÓPTICA  
TOMADA DE ENERGIA ELÉTRICA  
CABO DE INTERNET

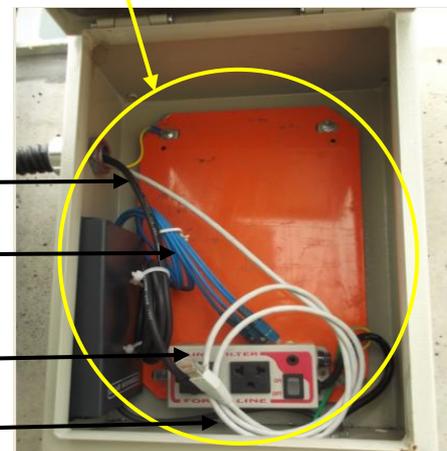


FIGURA 23 - ILUSTRAÇÃO DA LIGAÇÃO ENTRE A ANTENA GNSS E O RECEPTOR GR10

#### 4.5 PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA A SUA UTILIZAÇÃO

O instrumento GR10 foi concebido para diversas aplicações de estação de referência permanente e semi-permanente, incluindo rede RTK, estação base simples e estudos científicos, estudos de campanha e outros de monitoramento e sísmicos (LEICA GEOSYSTEMS, 2011). A configuração do mesmo e os respectivos componentes variam em função de cada aplicação, porém, existe um diagrama que indica os componentes mínimos para a operação de um instrumento GR10 e que se encontra ilustrado na figura 24.

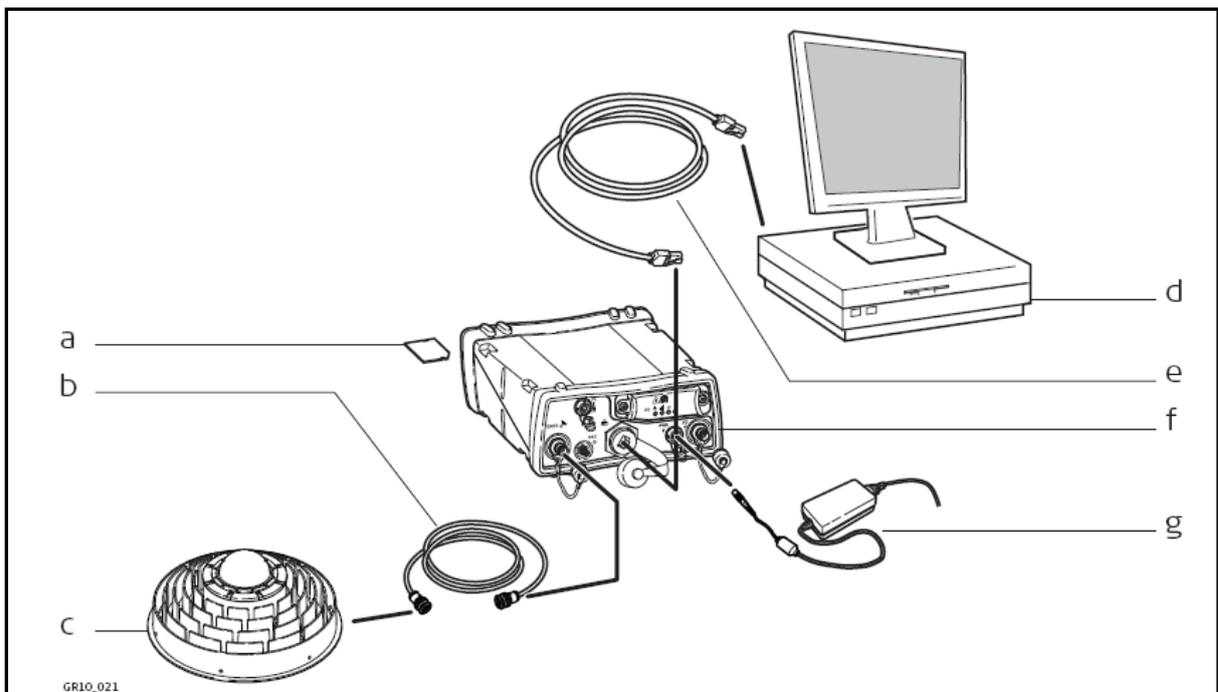


FIGURA 24 - COMPONENTES MÍNIMOS PARA A OPERAÇÃO DE UM INSTRUMENTO GR10  
 FONTE: LEICA GEOSYSTEMS (2011)

- a. Cartão SD
- b. Cabo da antena
- c. Antena GNSS
- d. Computador com *Web interface* ou Leica GNSS Spider
- e. Cabo Ethernet ou USB
- f. GR10
- g. Alimentação de corrente

A pesquisa aquí apresentada sugere a preparação do instrumento GR10 para funcionar com a configuração através da *Web interface* com ligação via *Ethernet* e DHCP. Mas como durante a primeira campanha o sistema elétrico da barragem ainda não se encontrava energizado e conseqüentemente a rede de transmissão de dados não estava em serviço, recorreu-se a um gerador externo e a configuração de rede não DHCP para a gravação e transmissão de dados. A *Web interface* na configuração do instrumento à rede não DHCP, foi acessada através da ligação direta de um cabo Ethernet cruzado a partir do computador à face traseira do receptor GR10 e o endereço IP foi configurado manualmente.

Na configuração do instrumento através da *Web interface* com ligação via Ethernet e DHCP o servidor central permite que todos os computadores da rede LAN recebam suas configurações de rede automaticamente sem que se necessite ficar configurando os endereços manualmente em cada um.

A figura 25 mostra a configuração através da *Web interface* com ligação via Ethernet e DHCP cujos componentes são apresentados a seguir.

- a. GR10
- b. Rede local (LAN)
- c. Servidor DHCP
- d. Cabo de Ethernet
- e. Computadores com *Web interface*

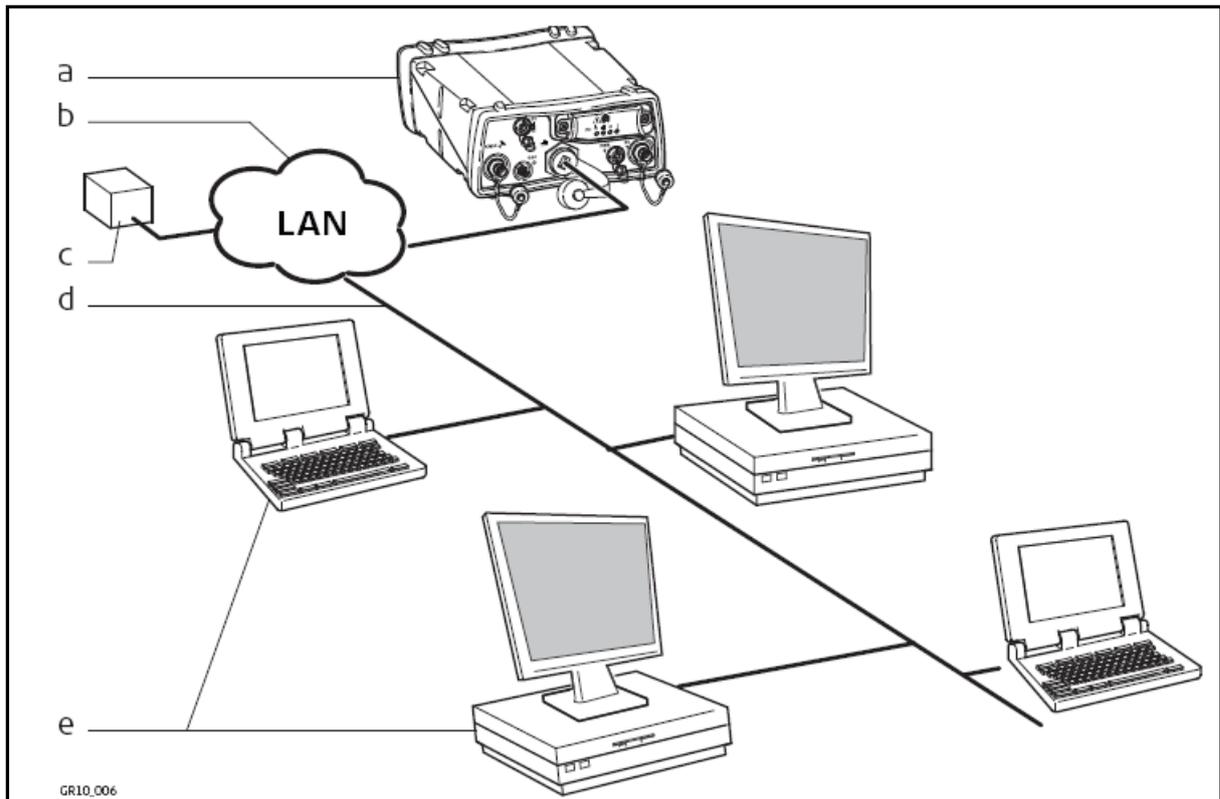


FIGURA 25 - LIGAÇÃO VIA ETHERNET E DHCP

FONTE: LEICA GEOSYSTEMS (2011)

As figuras 26 e 27, ilustram respectivamente a opção do protocolo de internet e as configurações do endereço IP e máscara de sub-rede que representam duas fases importantes de várias outras etapas da preparação do equipamento antes de se ter acesso a página da *Web interface* aberta.

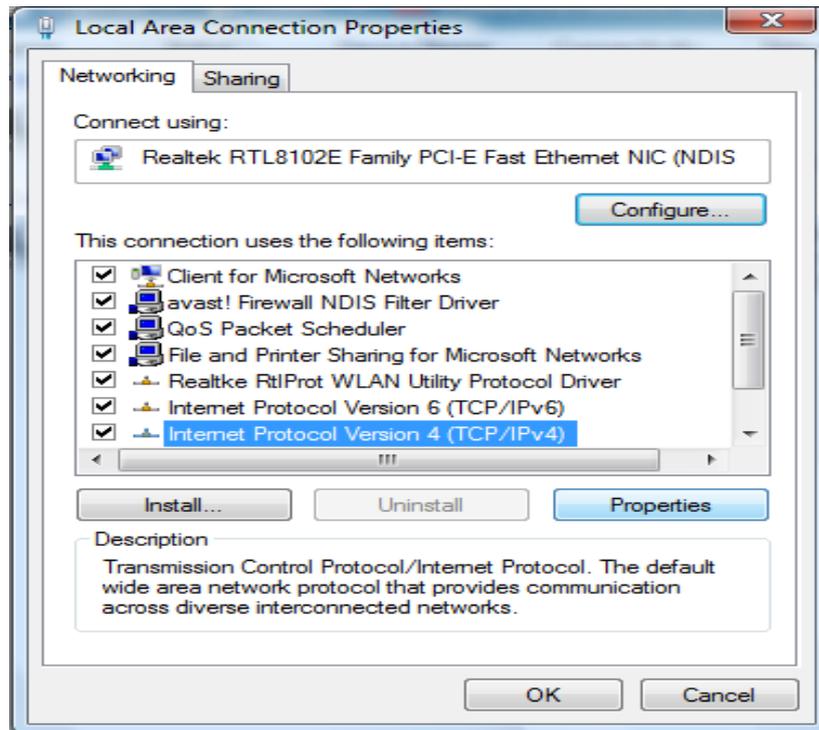


FIGURA 26 - OPÇÃO DE PROTOCOLO DE INTERNET EM LOCAL AREA CONNECTION PROPERTIES

FONTE: ADAPTADO DE LEICA GEOSYSTEMS (2011)

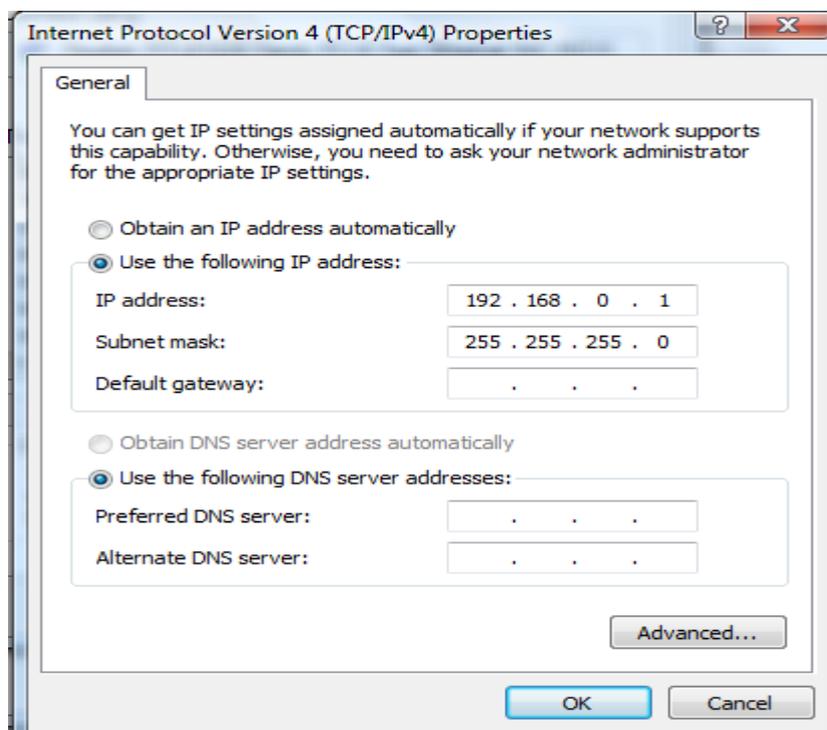


FIGURA 27 - ENDEREÇO IP E MÁSCARA DE SUB-REDE

FONTE: LEICA GEOSYSTEMS (2011)

Com o endereço IP configurado, foi aberta uma janela no navegador de *internet explorer* onde se introduziu o endereço IP estático (para a ligação do instrumento via Ethernet e não DHCP) 192.168.0.3 para acessar (abrir) a *Web interface* (figura 28).

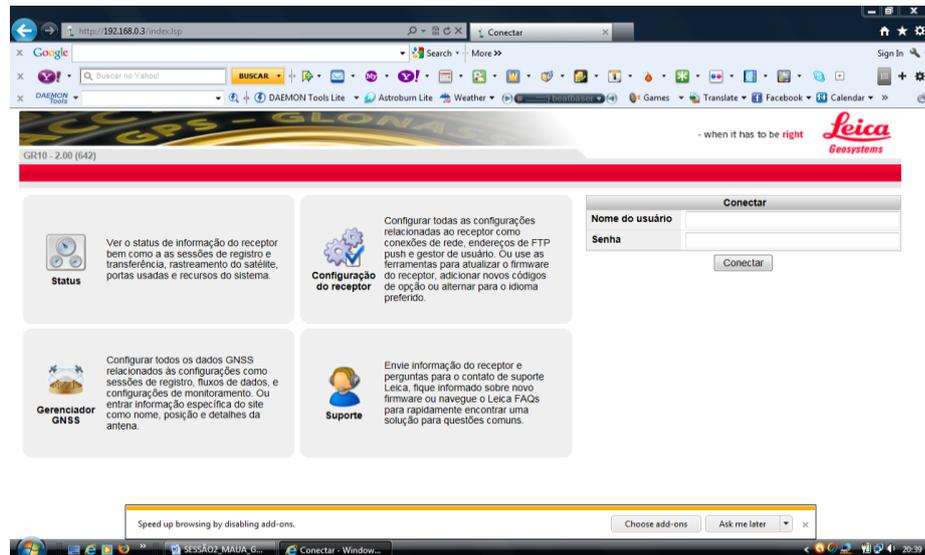


FIGURA 28 - PÁGINA DA *WEB INTERFACE* ABERTA

FONTE: AUTOR (2012)

Para ter acesso a tela do menu principal e as demais janelas da *web interface* (figura 29), foi necessário introduzir o nome do usuário e a senha. A página principal da *Web interface* contém 5 janelas, designadamente, *status*, gerenciador GNSS, configuração do receptor, ajuda e suporte:

- *Status* – permite visualizar o estado de informação do receptor bem como as sessões de registro e transferência, rastreamento do satélite, portas usadas e recursos do sistema.

- Gerenciador GNSS - é possibilita a configuração de todos os dados GNSS tais como sessões de registro, fluxo de dados, e configurações de monitoramento, ou entrar com informações específicas do site como nome, posição e detalhes da antena.

- Configuração do receptor - permite realizar configurações relacionadas ao receptor como conexões de rede, endereços FTP push e gestor de usuário. Permite também usar ferramentas atualizar o firmware do receptor, adicionar novos códigos de opção ou alternar para o idioma preferido.

- Suporte e ajuda – permite o envio de informação do receptor e perguntas

para o contato de suporte Leica. Permite também ficar informado sobre novo firmware ou navegar o Leica FAQs para rapidamente encontrar uma solução para questões comuns.

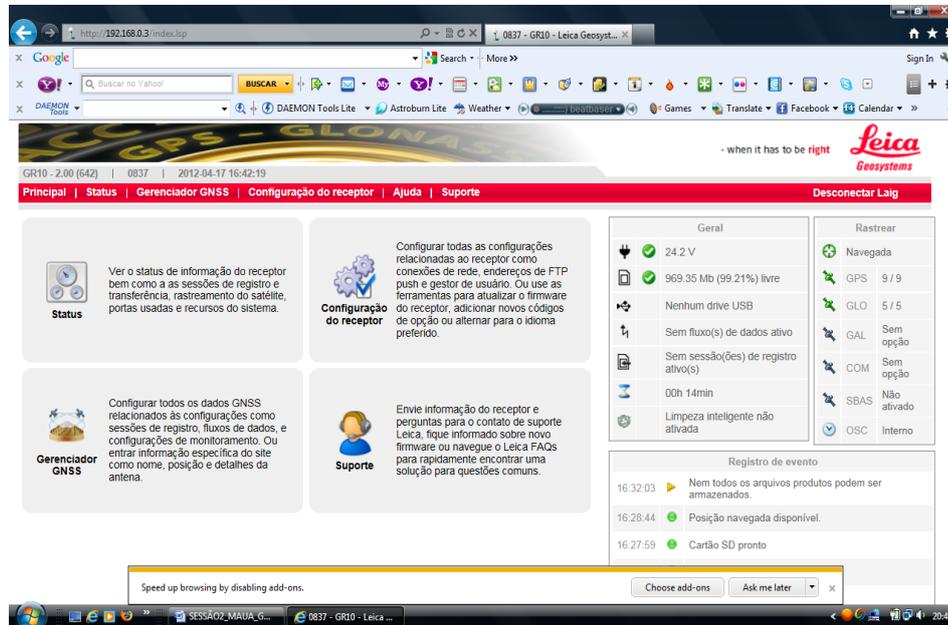


FIGURA 29 - TELA DO MENU PRINCIPAL E DEMAIS JANELAS  
FONTE: AUTOR (2012)

#### 4.6 CONFIGURAÇÃO DO RECEPTOR

A configuração do receptor constitui uma das etapas fundamentais para o sucesso da coleta dos dados. O nome do local e as coordenadas da posição de referência do receptor, foram atualizadas e configuradas no menu gerenciador GNSS. Para iniciar o rastreamento foram realizadas também as seguintes configurações no receptor, através do menu gerenciador GNSS:

- Sistemas de satélites: GPS e GLONASS
- Sinais: L1 e L2, onde para o GPS o sinal L2 configurado foi L2C e L2P(Y).
- Taxa de coleta: 15 segundos
- Ângulo de corte: 10°
- Código: suavizado

Como além da gravação dos dados da sessão de coleta no cartão SD, os mesmos devem ser disponibilizados na rede da internet da COPEL, foi necessário configurar um local de FTP através do menu de opções locais de gerenciador

GNSS/FTP.

O local de FTP criado no servidor FTP da COPEL possui o nome ftpcopel com as seguintes características:

**Servidor:** ftp.copel.com

**Endereço IP:** 200.195.129.36

**Usuário:** ftpMod\_BRG\_MAU

**Senha:** \*\*\*\* (contactar o serviço de rede da COPEL)

#### 4.7 COLETA E TRANSMISSÃO DOS DADOS

A coleta e transmissão dos dados constituem, a semelhança da configuração do receptor, uma das etapas fundamentais para o sucesso do monitoramento. Várias técnicas de posicionamento geodésico podem ser utilizadas, dependendo do nível de precisão que se pretende alcançar. Assim, como o nível de precisão desejado nesse trabalho é da ordem milimétrica, adotou-se o método de posicionamento relativo estático.

Antes do início da coleta dos dados, foi atribuído à sessão (na tela de sessões de coleta do receptor GNSS GR10) o nome SESSÃO2, configurado para gravar dados MDB (brutos), com prioridade da sessão alta. O tipo de sessão configurado foi contínuo com uma taxa de gravação de 15 segundos, comprimento de arquivos igual a 24 horas, com arquivos zip. Depois de criada a sessão de coleta, a mesma foi ativada (figura 30).

Todos os dados foram gravados no cartão SD com 1GB de memória e simultaneamente foram transferidos para o endereço FTP. Para ter acesso aos dados gravados no cartão SD, foi necessário parar a sessão clicando em *pause* na tela de sessões de coleta e acessar as suas propriedades através de um clique sobre o respectivo nome. Na tela de propriedades da sessão de interesse (figura 31), só o cartão SD fica habilitado, permitindo com um clique no *mouse*, abrir a janela com informações FTP *directory*.

Clicando uma vez com o botão do *mouse* sobre o *directory* **0837** aparece o ano, no caso por exemplo **2012**. Clicando sobre o ano, aparece o mês, no caso por exemplo **04**, e com um clique sobre o mês, aparece a data, no caso por exemplo **17**. Finalmente com um clique sobre a data, aparecem os arquivos gravados.

GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-06-07 15:43:10

Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte

Gerenciador GNSS

## Sessões de coleta

Sessões	Limpeza inteligente				
Nome	Tipo de dados	Prioridade de limpeza			Ativar
Projeto1	MDB	medium	X	+	▶
S1	MDB	medium	X	+	▶
S2	MDB	medium	X	+	▶
SESSAO1	MDB	medium	X	+	▶
SESSAO2	MDB	high	X	+	
Teste1	MDB	medium	X	+	▶
TESTE2	MDB	medium	X	+	▶
TESTE3_UFPR	MDB	medium	X	+	▶
TESTE4_UFPR	MDB	medium	X	+	▶
TESTE5_UFPR	MDB	medium	X	+	▶

Criar nova sessão de coleta +

FIGURA 30 - PÁGINA DE SESSÕES DE COLETA COM UMA SESSÃO ATIVADA

FONTE: AUTOR (2012)

Propriedades da sessão de coleta

Nome da sessão: SESSAO2

Tipo de dado: MDB compactado

Prioridade da sessão: high

Tipo de sessão: contínuo

Taxa de coleta: 15 seg

Comprimento do arquivo: 24 h

Registro de observações doppler: não

Valores de registro SNR: -

Dados armazenados para: Cartão SD

Auto apagar: Nunca

Arquivo para endereço FTP: ftpcopel

Último arquivo: 0837133a.m00.zip

FIGURA 31 - TELA DE PROPRIEDADES DA SESSÃO DE COLETA COM O CARTÃO SD HABILITADO

FONTE: O AUTOR (2012)

A tela que contém os arquivos gravados (figura 32) possui uma barra de

diálogo na parte inferior com a opção de salvar. Caso não possua, faz-se um clique sobre o arquivo e aparecerá na parte inferior da tela a barra de diálogo. Fazendo um clique na opção *save as* é possível gravar os arquivos conforme desejar, em qualquer lugar do computador que achar conveniente.

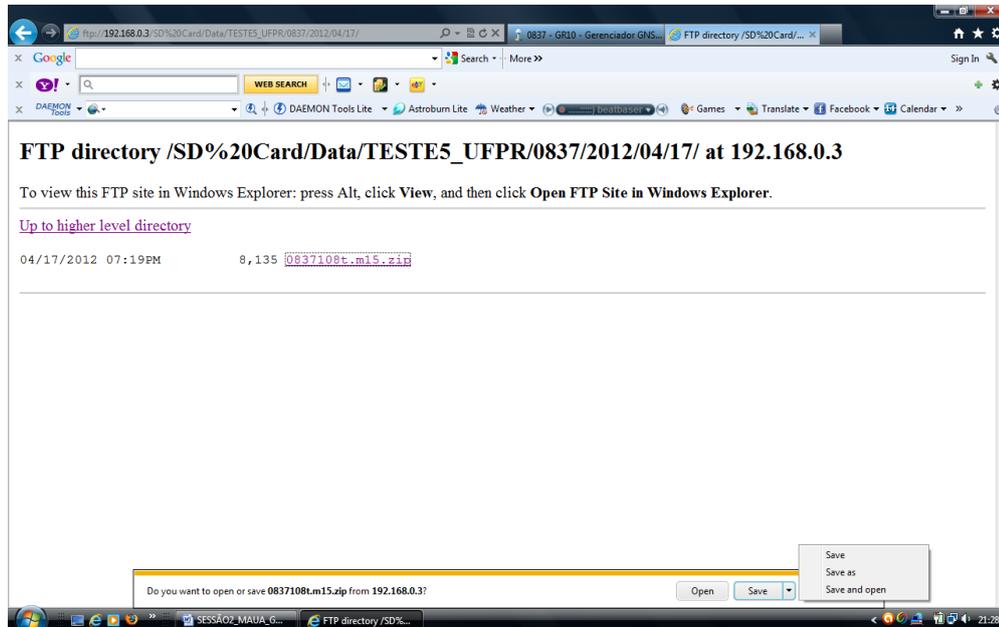


FIGURA 32 - PÁGINA COM ARQUIVOS GRAVADOS COM OPÇÃO PARA SALVAR  
 FONTE: AUTOR (2012)

Conforme configurado e segundo um dos objetivos específicos, os dados são também transmitidos continuamente via internet através de um endereço FTP criado no servidor FTP da COPEL. Na janela gerenciador GNSS / endereços de FTP, a fila das colunas lista o número de arquivos na fila para serem enviados para este endereço FTP. Geralmente, esta está listada como 0 (zero). Se houver um problema com o endereço FTP (por exemplo, o servidor FTP não é acessível), uma mensagem será exibida no registro de eventos e a fila das colunas irá listar o número de arquivos que não podem ser enviados.

Para se ter acesso aos dados transferidos para o endereço FTP da COPEL, foi criado também, um usuário e senha disponível somente para leitura.

#### 4.8 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após a coleta e transmissão dos dados brutos, seguiu-se a fase do respectivo

processamento. Todos os dados foram processados pelo software LGO versão 8.2 da Leica, tomando como estações de referência PRGU (Guarapuava), PRMA (Maringá) e UFPR (Curitiba), cujos vetores de processamento em relação a estação flutuante são ilustrados na figura 33.

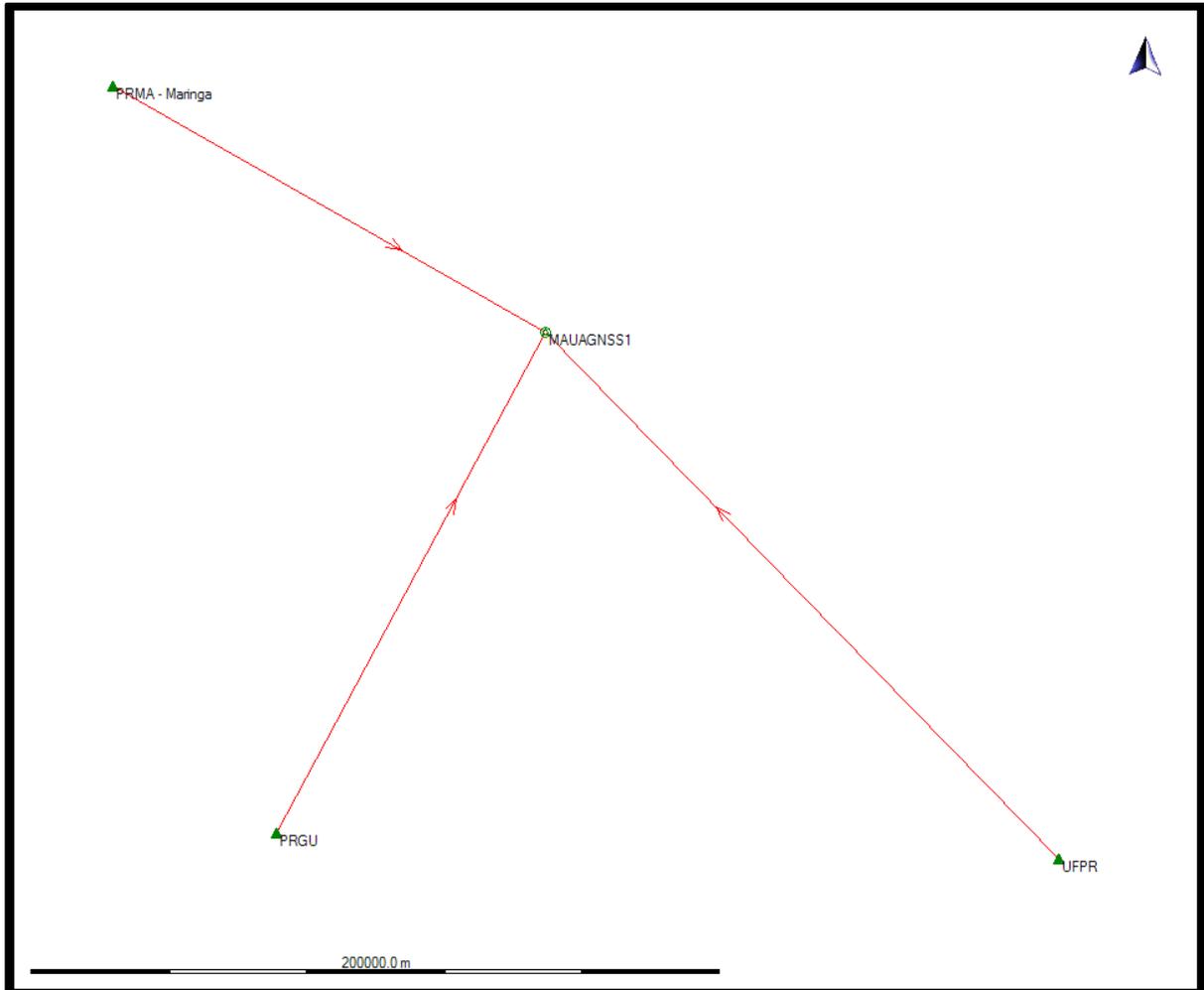


FIGURA 33 - VETORES DO PROCESSAMENTO DA ESTAÇÃO FLUTUANTE MAUAGNSS1 COM AS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA PRMA, PRGU E UFPR

FONTE: O AUTOR (2012)

As estações de Maringá, Guarapuava e Curitiba, estão todas localizadas no estado do Paraná e distam respectivamente 145km, 167km e 215km do local onde foi instalada a antena GNSS de monitoramento contínuo na barragem de Mauá.

Os dados foram processados adotando-se as efemérides transmitidas e também as efemérides precisas, sendo que os dados das efemérides precisas foram importados do IGS pela internet através do próprio software e os respectivos arquivos apresentam a extensão SP3. As informações que dizem respeito as

estações de referência acima mencionadas, foram baixadas da RBMC através do acesso ao site <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default.shtm> do IBGE. Neste site, são disponibilizados dois tipos de arquivos, sendo um referente ao relatório das estações fornecidos no formato PDF e outro referente aos arquivos de dados e fornecidos no formato RINEX.

Todos os dados coletados foram inicialmente e antes do processamento, extraídos do formato zip e transformados do formato MDB para o formato RINEX de forma a permitir um processamento adequado, visto que as estações de referência apresentam os seus dados no formato RINEX. O padrão do ângulo de corte que o software Leica Geo Office versão 8.2 apresenta durante o processamento não foi alterado, manteve-se em  $15^{\circ}$ , tendo em vista que não houve problemas com a resolução das ambiguidades, nem com satélites de baixa elevação. Na opção para fixar as ambiguidades optou-se por 215 km que foi o maior comprimento de linha de base entre a estação flutuante e as estações de referência. Para os parâmetros tipo de solução, frequência e atividade ionosférica a opção selecionada foi automático e o modelo troposférico utilizado foi *Hopfield*.

A primeira campanha de monitoramento foi realizada entre os dias 29 de Março e 1 de Abril de 2012. A título experimental realizou-se o rastreamento no ponto considerado por cerca de 6 horas, 15 minutos e 45 segundos apenas no dia 31 de Março. Esta campanha foi considerada experimental pois nem toda infraestrutura para colocar o receptor GR10 em funcionamento contínuo estava montada, isto é, havia ainda falta de energia na tomada bem como ausência de uma caixa maior para a instalação do receptor.

Na segunda campanha realizada entre os dias 19 e 21 de Abril de 2012, com a montagem de uma caixa maior para a instalação do receptor, bem como, com a alimentação das tomadas de energia para a ligação do mesmo, foi possível iniciar o rastreamento contínuo através da configuração não DHCP. Assim, os dados foram gravados continuamente 24 horas ao dia e ao mesmo tempo foram enviados continuamente via FTP para o servidor da COPEL, onde se encontram na fila e deverão estar disponíveis assim que a rede de internet interna da COPEL estiver operacional na barragem. Com esta operacionalização a configuração de rede deverá ser DHCP e a frequência de ida para descarregamento de dados eliminada, cabendo espaço para a manutenção de rotina do equipamento.

A terceira campanha realizou-se no dia 3 de Maio do corrente ano e serviu para descarregar os dados rastreados desde o último dia da segunda campanha (21 de Abril) até ao dia da terceira campanha.

A quarta campanha aconteceu no dia 13 de Maio de 2012 e serviu para coletar os dados da terceira campanha. Finalmente a última campanha (quinta campanha) aconteceu entre os dias 6 e 8 de junho, tendo servido para coletar dados da quarta campanha.

#### 4.9 AJUSTAMENTO DOS DADOS GNSS

Segundo WOLF e GHILANI (2006), a determinação das coordenadas de uma rede de pontos usando vários tipos de medições que estabelecem uma relação geométrica conhecida entre eles, representa um problema básico no levantamento. Pontos com coordenadas espaciais desconhecidas estão conectados à rede pelas medições. Equações de observação proporciona-lhe um modelo matemático que organiza as medições de uma forma consistente, em que os métodos para encontrar uma solução única para as coordenadas desconhecidas são possíveis.

Devido a redundância nas observações GNSS coletadas, estas foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados para tornar os resultados mais consistentes. A figura 33 apresenta os vetores de processamento que constituem a rede, possuindo três (3) estações de coordenadas conhecidas e uma (1) estação de coordenada desconhecida, totalizando quatro (4) estações. Os vetores de processamento apresentados na figura 33 representam as três (3) linhas de base, totalizando em 9 componentes  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta Z$ .

## 5 RESULTADOS

O levantamento de campo foi realizado diariamente, desde o dia 20 de Abril de 2012 com uma taxa de gravação igual a 15 segundos. Os dados destes levantamentos foram processados pelo software aplicativo LEICA Geo Office, versão 8.2 em duas fases distintas, sendo a primeira com efemérides transmitidas e a segunda com efemérides precisas.

De um modo geral, após o ajustamento das observações pelo método dos mínimos quadrados verificou-se que todas as soluções foram fixas e livres da ionosfera, com uma taxa de ambiguidades fixas, acima de 70%. Os resultados referentes ao rastreo do dia 20/04/2012 que teve uma duração de 6 horas, 15 minutos e 45 segundos mostraram-se bastantes problemáticos com uma solução flutuante e sem fixação das ambiguidades, o que nos levou ao abandono dos mesmos.

Como já foi mencionado no item 4.8, todos os dados coletados foram processados tomando como base as estações de Maringá-PRMA, Guarapuava-PRGU e Curitiba-UFPR. As tabelas de 2 à 5 ilustram as coordenadas geodésicas, cartesianas e os respectivos desvios padrão resultantes do processamento com efemérides transmitidas e precisas, da segunda campanha, quando ajustadas, fixando as estações base mencionadas acima e deixando como flutuante a estação MAUAGNSS1.

TABELA 2 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS

Sessão	Latitude	Longitude	Alt. elipsoidal	Desv. Padrão Lat.	Desv. Padrão Lon.	Desv. Padrão Alt.
21/04/2012	24° 03' 50.38491" S	50° 42' 30.61861" W	640.4125 m	0.0067 m	0.0064 m	0.0191 m
22/04/2012	24° 03' 50.38490" S	50° 42' 30.61849" W	640.3974 m	0.0049 m	0.0048 m	0.0137 m
23/04/2012	24° 03' 50.38478" S	50° 42' 30.61850" W	640.3600 m	0.0033 m	0.0033 m	0.0093 m
24/04/2012	24° 03' 50.38474" S	50° 42' 30.61839" W	640.3230 m	0.0057 m	0.0059 m	0.0168 m
25/04/2012	24° 03' 50.38477" S	50° 42' 30.61808" W	640.3443 m	0.0062 m	0.0055 m	0.0179 m
26/04/2012	24° 03' 50.38484" S	50° 42' 30.61821" W	640.3720 m	0.0065 m	0.0070 m	0.0177 m
27/04/2012	24° 03' 50.38475" S	50° 42' 30.61866" W	640.3583 m	0.0077 m	0.0074 m	0.0213 m
28/04/2012	24° 03' 50.38486" S	50° 42' 30.61826" W	640.3650 m	0.0069 m	0.0068 m	0.0193 m
29/04/2012	24° 03' 50.38502" S	50° 42' 30.61840" W	640.4110 m	0.0097 m	0.0094 m	0.0269 m
30/04/2012	24° 03' 50.38491" S	50° 42' 30.61860" W	640.3545 m	0.0036 m	0.0035 m	0.0101 m
01/05/2012	24° 03' 50.38491" S	50° 42' 30.61868" W	640.3267 m	0.0039 m	0.0037 m	0.0108 m
02/05/2012	24° 03' 50.38496" S	50° 42' 30.61849" W	640.3564 m	0.0033 m	0.0032 m	0.0092 m
03/05/2012	24° 03' 50.38490" S	50° 42' 30.61847" W	640.3507 m	0.0043 m	0.0042 m	0.0120 m

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 3 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS

Sessão	X (m)	Y (m)	Z (m)	Desv. Padrão X(m)	Desv. Padrão Y(m)	Desv. Padrão Z(m)
21/04/2012	3690449.6679	-4510214.2214	-2585018.2369	0.0123	0.0145	0.0094
22/04/2012	3690449.6619	-4510214.2087	-2585018.2306	0.0092	0.0101	0.0070
23/04/2012	3690449.6409	-4510214.1837	-2585018.2118	0.0061	0.0069	0.0047
24/04/2012	3690449.6223	-4510214.1561	-2585018.1955	0.0109	0.0128	0.0081
25/04/2012	3690449.6411	-4510214.1653	-2585018.2050	0.0113	0.0135	0.0088
26/04/2012	3690449.6537	-4510214.1865	-2585018.2183	0.0118	0.0136	0.0090
27/04/2012	3690449.6367	-4510214.1856	-2585018.2104	0.0142	0.0157	0.0109
28/04/2012	3690449.6483	-4510214.1822	-2585018.2161	0.0127	0.0145	0.0098
29/04/2012	3690449.6708	-4510214.2156	-2585018.2392	0.0177	0.0201	0.0137
30/04/2012	3690449.6344	-4510214.1804	-2585018.2133	0.0066	0.0077	0.0051
01/05/2012	3690449.6167	-4510214.1622	-2585018.2018	0.0072	0.0081	0.0055
02/05/2012	3690449.6377	-4510214.1792	-2585018.2154	0.0061	0.0069	0.0047
03/05/2012	3690449.6353	-4510214.1754	-2585018.2114	0.0079	0.0090	0.0060

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 4 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS

Sessão	Latitude	Longitude	Alt. elipsoidal	Desv. Padrão Lat.	Desv. Padrão Lon.	Desv. Padrão Alt.
21/04/2012	24° 03' 50.38493" S	50° 42' 30.61881" W	640.3450 m	0.0090 m	0.0088 m	0.0243 m
22/04/2012	24° 03' 50.38499" S	50° 42' 30.61849" W	640.3777 m	0.0054 m	0.0052 m	0.0148 m
23/04/2012	24° 03' 50.38484" S	50° 42' 30.61861" W	640.3560 m	0.0042 m	0.0042 m	0.0118 m
24/04/2012	24° 03' 50.38453" S	50° 42' 30.61803" W	640.3234 m	0.0063 m	0.0055 m	0.0162 m
25/04/2012	24° 03' 50.38451" S	50° 42' 30.61833" W	640.3547 m	0.0055 m	0.0055 m	0.0164 m
26/04/2012	24° 03' 50.38475" S	50° 42' 30.61824" W	640.3694 m	0.0068 m	0.0071 m	0.0185 m
27/04/2012	24° 03' 50.38493" S	50° 42' 30.61881" W	640.3450 m	0.009 m	0.0088 m	0.0243 m
28/04/2012	24° 03' 50.38484" S	50° 42' 30.61823" W	640.3658 m	0.0061 m	0.006 m	0.0171 m
29/04/2012	24° 03' 50.38502" S	50° 42' 30.61840" W	640.4110 m	0.0097 m	0.0094 m	0.0269 m
30/04/2012	24° 03' 50.38488" S	50° 42' 30.61860" W	640.3593 m	0.004 m	0.0039 m	0.0111 m
01/05/2012	24° 03' 50.38484" S	50° 42' 30.61861" W	640.3008 m	0.0032 m	0.003 m	0.0086 m
02/05/2012	24° 03' 50.38475" S	50° 42' 30.61848" W	640.3395 m	0.0034 m	0.0032 m	0.0093 m
03/05/2012	24° 03' 50.38485" S	50° 42' 30.61843" W	640.3448 m	0.0037 m	0.0035 m	0.0101 m

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 5 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA SEGUNDA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS

Sessão	X (m)	Y (m)	Z (m)	Desv. Padrão X(m)	Desv. Padrão Y(m)	Desv. Padrão Z(m)
21/04/2012	3690449.6244	-4510214.1772	-2585018.2098	0.0159	0.0185	0.0124
22/04/2012	3690449.6498	-4510214.1939	-2585018.2249	0.0098	0.011	0.0075
23/04/2012	3690449.6357	-4510214.1823	-2585018.2119	0.0079	0.0088	0.0059
24/04/2012	3690449.6321	-4510214.1519	-2585018.1898	0.0104	0.0125	0.0083
25/04/2012	3690449.6439	-4510214.1795	-2585018.2020	0.0106	0.0123	0.0082
26/04/2012	3690449.6523	-4510214.1860	-2585018.2147	0.0122	0.0143	0.0093
27/04/2012	3690449.6244	-4510214.1772	-2585018.2098	0.0159	0.0185	0.0124
28/04/2012	3690449.6496	-4510214.1824	-2585018.2160	0.0112	0.0128	0.0087
29/04/2012	3690449.6708	-4510214.2156	-2585018.2392	0.0177	0.0201	0.0137
30/04/2012	3690449.6377	-4510214.1840	-2585018.2142	0.0073	0.0084	0.0055
01/05/2012	3690449.6038	-4510214.1433	-2585018.1894	0.0057	0.0064	0.0044
02/05/2012	3690449.6297	-4510214.1691	-2585018.2026	0.0061	0.0069	0.0047
03/05/2012	3690449.6332	-4510214.1710	-2585018.2075	0.0067	0.0076	0.0050

FONTE: O AUTOR (2012)

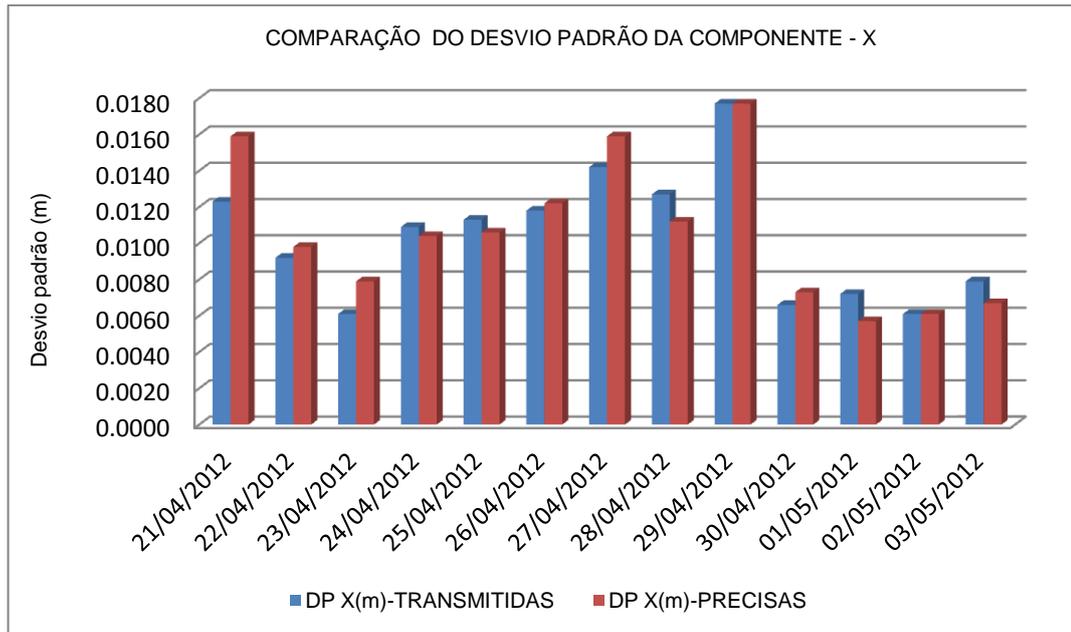


FIGURA 34 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES X DA 2ª CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS

FONTE: O AUTOR (2012)

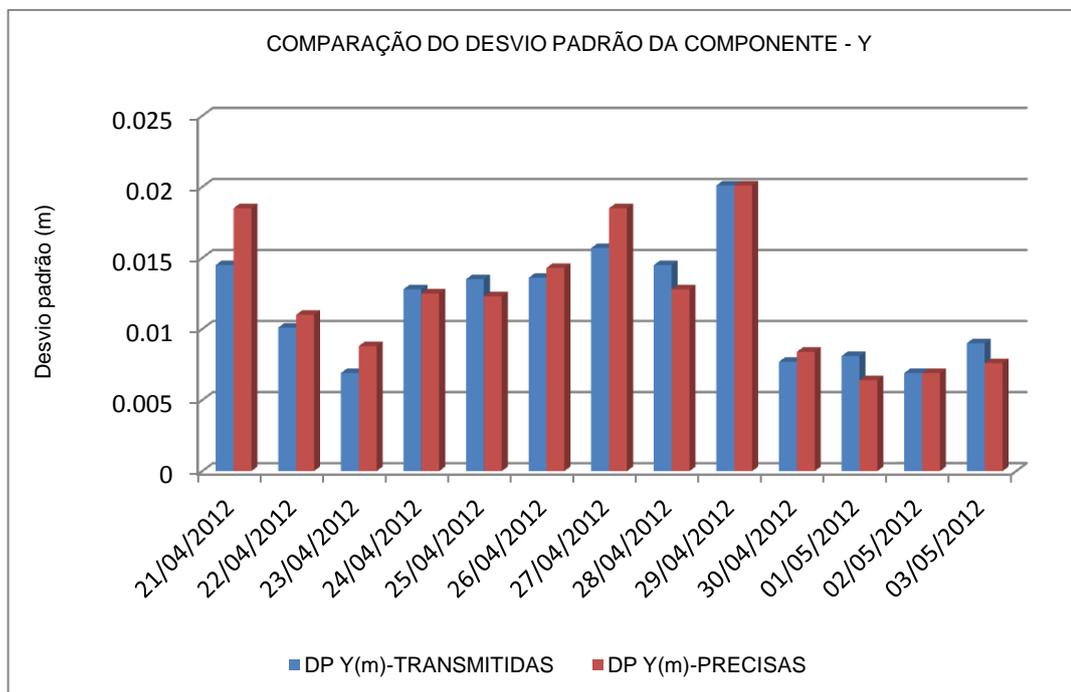


FIGURA 35 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Y DA 2ª CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS

FONTE: O AUTOR (2012)

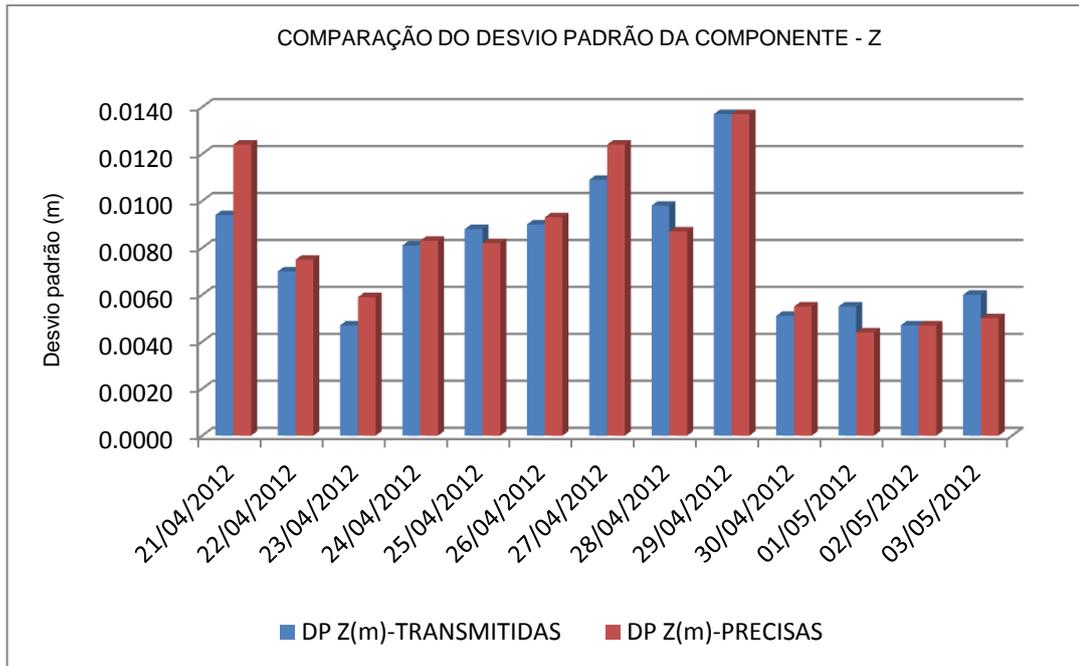


FIGURA 36 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Z DA 2ª CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS

FONTE: O AUTOR (2012)

Com a finalidade de analisar a qualidade das coordenadas da estação flutuante MAUAGNSS1 resultantes do processamento após o ajustamento onde foram fixadas as estações de Maringá, Guarapuava e Curitiba, foram gerados os gráficos das figuras 33, 34 e 35, onde é possível verificar que, de uma forma geral os desvios padrão quando processados com as efemérides transmitidas e com as efemérides precisas, se apresentam na ordem de milímetros e em alguns casos, na ordem de centímetro. Ainda nos mesmos gráficos, também é possível verificar que para algumas sessões (por exemplo 21/04/2012, 23/04/2012 e 27/04/2012) o processamento com as efemérides transmitidas apresentam desvios padrão inferiores do que com as efemérides precisas.

As tabelas de 6 à 9 apresentam os resultados (coordenadas geodésicas, cartesianas e desvios padrão de MAUAGNSS1) do processamento da terceira campanha com as efemérides transmitidas e precisas quando ajustadas, fixando as estações base de Maringá, Guarapuava e Curitiba e deixando como flutuante a estação MAUAGNSS1.

TABELA 6 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS

Sessão	Latitude	Longitude	Alt. elipsoidal	Desv. Padrão Lat.	Desv. Padrão Lon.	Desv. Padrão Alt.
04/05/2012	24° 03' 50.38487" S	50° 42' 30.61847" W	640.3170 m	0.0060 m	0.0057 m	0.0164 m
05/05/2012	24° 03' 50.38474" S	50° 42' 30.61844" W	640.3428 m	0.0035 m	0.0033 m	0.0095 m
06/05/2012	24° 03' 50.38491" S	50° 42' 30.61853" W	640.3546 m	0.0034 m	0.0033 m	0.0094 m
07/05/2012	24° 03' 50.38493" S	50° 42' 30.61833" W	640.3681 m	0.0051 m	0.0049 m	0.0141 m
08/05/2012	24° 03' 50.38485" S	50° 42' 30.61857" W	640.3411 m	0.0041 m	0.0040 m	0.0116 m
09/05/2012	24° 03' 50.38496" S	50° 42' 30.61840" W	640.3820 m	0.0041 m	0.0040 m	0.0113 m
10/05/2012	24° 03' 50.38492" S	50° 42' 30.61850" W	640.3374 m	0.0034 m	0.0033 m	0.0096 m
11/05/2012	24° 03' 50.38476" S	50° 42' 30.61847" W	640.3529 m	0.0049 m	0.0048 m	0.0138 m
12/05/2012	24° 03' 50.38483" S	50° 42' 30.61889" W	640.3895 m	0.0052 m	0.0052 m	0.0149 m
13/05/2012	24° 03' 50.38496" S	50° 42' 30.61846" W	640.3943 m	0.0072 m	0.0071 m	0.0209 m

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 7 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS

Sessão	X (m)	Y (m)	Z (m)	Desv. Padrão X(m)	Desv. Padrão Y(m)	Desv. Padrão Z(m)
04/05/2012	3690449.6160	-4510214.1519	-2585018.1968	0.0109	0.0122	0.0083
05/05/2012	3690449.6326	-4510214.1710	-2585018.2037	0.0063	0.0070	0.0049
06/05/2012	3690449.6362	-4510214.1791	-2585018.2134	0.0063	0.0070	0.0048
07/05/2012	3690449.6482	-4510214.1849	-2585018.2195	0.0094	0.0105	0.0072
08/05/2012	3690449.6280	-4510214.1709	-2585018.2059	0.0076	0.0086	0.0058
09/05/2012	3690449.6545	-4510214.1957	-2585018.2257	0.0075	0.0085	0.0057
10/05/2012	3690449.6267	-4510214.1664	-2585018.2066	0.0063	0.0072	0.0048
11/05/2012	3690449.6377	-4510214.1783	-2585018.2084	0.0093	0.0102	0.0070
12/05/2012	3690449.6490	-4510214.2111	-2585018.2251	0.0101	0.0109	0.0074
13/05/2012	3690449.6603	-4510214.2054	-2585018.2309	0.0140	0.0154	0.0104

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 8 - COORDENADAS GEODÉSICAS AJUSTADA DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS

Sessão	Latitude	Longitude	Alt. elipsoidal	Desv. Padrão Lat.	Desv. Padrão Lon.	Desv. Padrão Alt.
04/05/2012	24° 03' 50.38487" S	50° 42' 30.61847" W	640.3170 m	0.0060 m	0.0057 m	0.0164 m
05/05/2012	24° 03' 50.38474" S	50° 42' 30.61844" W	640.3428 m	0.0035 m	0.0033 m	0.0095 m
06/05/2012	24° 03' 50.38491" S	50° 42' 30.61853" W	640.3546 m	0.0034 m	0.0033 m	0.0094 m
07/05/2012	24° 03' 50.38493" S	50° 42' 30.61833" W	640.3681 m	0.0051 m	0.0049 m	0.0141 m
08/05/2012	24° 03' 50.38485" S	50° 42' 30.61857" W	640.3411 m	0.0041 m	0.0040 m	0.0116 m
09/05/2012	24° 03' 50.38496" S	50° 42' 30.61840" W	640.3820 m	0.0041 m	0.0040 m	0.0113 m
10/05/2012	24° 03' 50.38492" S	50° 42' 30.61850" W	640.3374 m	0.0034 m	0.0033 m	0.0096 m
11/05/2012	24° 03' 50.38464" S	50° 42' 30.61840" W	640.3545 m	0.0056 m	0.0055 m	0.0156 m
12/05/2012	24° 03' 50.38467" S	50° 42' 30.61885" W	640.3871 m	0.0054 m	0.0055 m	0.0154 m
13/05/2012	24° 03' 50.38497" S	50° 42' 30.61854" W	640.3870 m	0.0077 m	0.0075 m	0.0220 m

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 9 - COORDENADAS CARTESIANAS AJUSTADAS DE MAUAGNSS1, RESULTANTES DA TERCEIRA CAMPANHA PÓS-PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES PRECISAS

Sessão	X (m)	Y (m)	Z (m)	Desv. Padrão X(m)	Desv. Padrão Y(m)	Desv. Padrão Z(m)
04/05/2012	3690449.6160	-4510214.1519	-2585018.1968	0.0109	0.0122	0.0083
05/05/2012	3690449.6326	-4510214.1710	-2585018.2037	0.0063	0.0070	0.0049
06/05/2012	3690449.6362	-4510214.1791	-2585018.2134	0.0063	0.0070	0.0048
07/05/2012	3690449.6482	-4510214.1849	-2585018.2195	0.0094	0.0105	0.0072
08/05/2012	3690449.6280	-4510214.1709	-2585018.2059	0.0076	0.0086	0.0058
09/05/2012	3690449.6545	-4510214.1957	-2585018.2257	0.0075	0.0085	0.0057
10/05/2012	3690449.6267	-4510214.1664	-2585018.2066	0.0063	0.0072	0.0048
11/05/2012	3690449.6410	-4510214.1795	-2585018.2056	0.0104	0.0116	0.0079
12/05/2012	3690449.6499	-4510214.2100	-2585018.2198	0.0104	0.0113	0.0078
13/05/2012	3690449.6541	-4510214.2016	-2585018.2282	0.0146	0.0163	0.0110

FONTE: O AUTOR (2012)

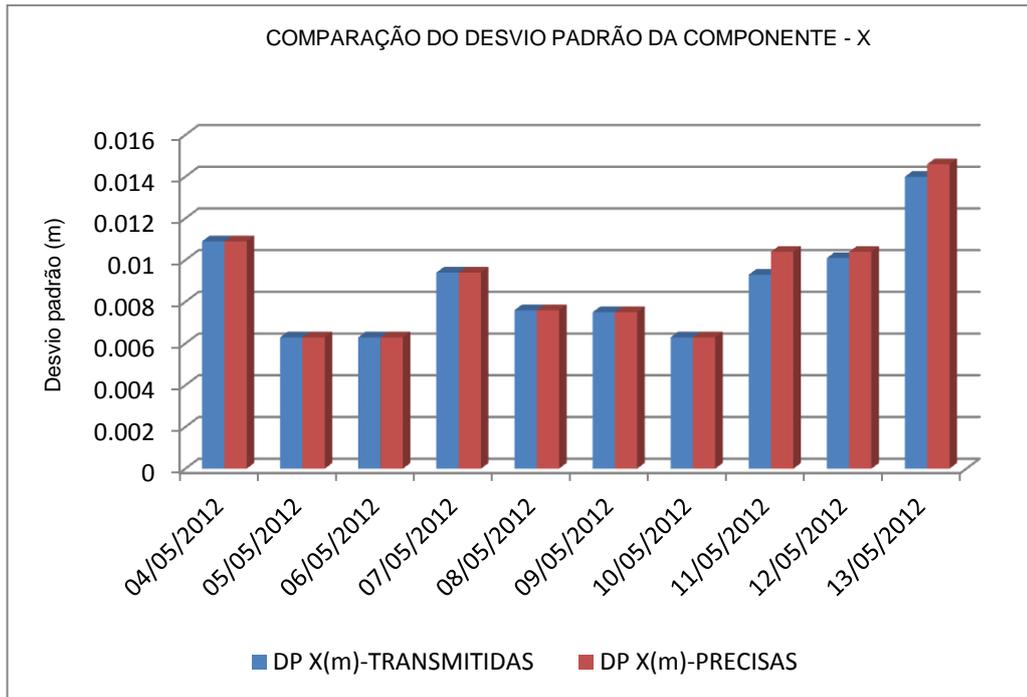


FIGURA 37 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES X DA 3<sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS

FONTE: O AUTOR (2012)

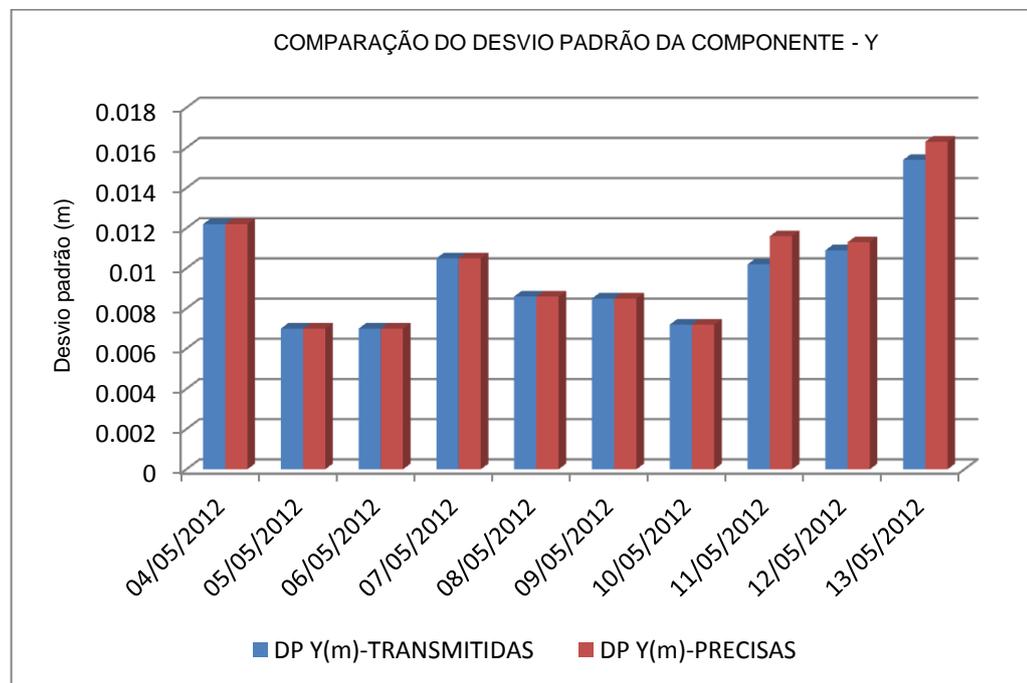


FIGURA 38 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Y DA 3<sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS

FONTE: O AUTOR (2012)

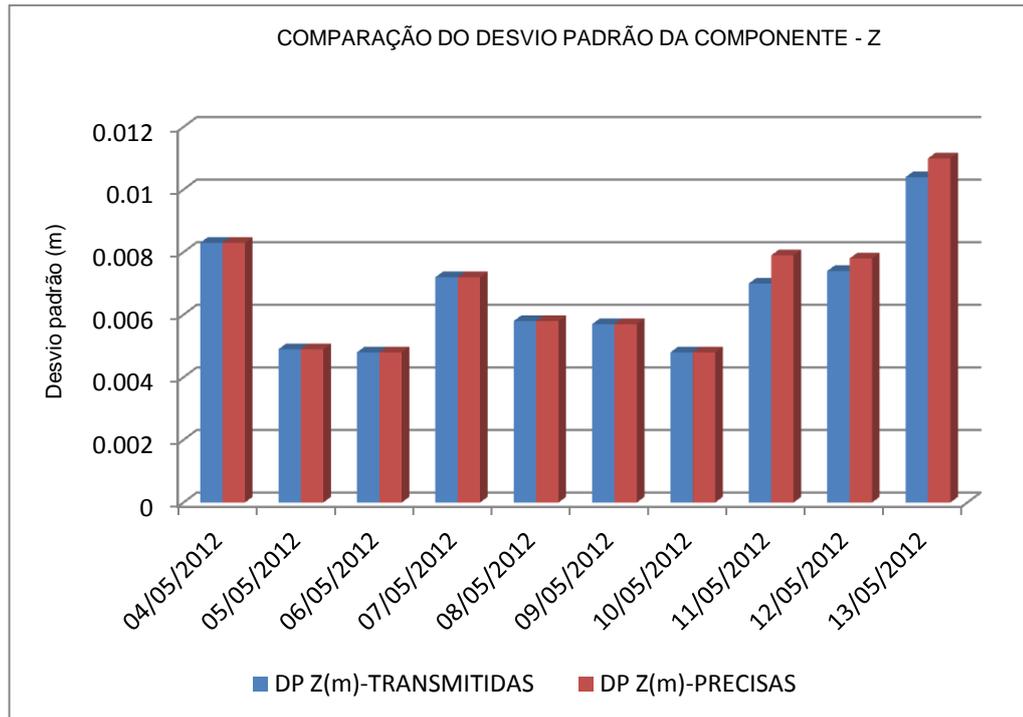


FIGURA 39 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS COMPONENTES Z DA 3<sup>A</sup> CAMPANHA AJUSTADAS E PROCESSADAS COM EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E PRECISAS

FONTE: O AUTOR (2012)

Analisando a qualidade dos resultados do processamento das coordenadas da estação de MAUAGNSS1 com as efemérides transmitidas e precisas que constam das tabelas 7 e 9, e dos gráficos 37, 38 e 39, referentes a terceira campanha, é possível verificar que mais uma vez os desvios padrão apresentados são da ordem de milímetros e alguns da ordem de centímetros. Porém, para as sessões homólogas do dia 04/05/2012 até ao dia 10/05/2012 os desvios padrão se mantiveram inalterados, enquanto que, para as sessões dos dias 11,12 e 13/05/2012, o processamento com efemérides transmitidas apresentou desvios padrão mais baixo do que com as precisas.

Para analisar possíveis variações do ponto a ser monitorado por técnicas GNSS, as observações coletadas e ajustadas das diferentes campanhas, foram comparadas para verificar se as diferenças das coordenadas daquele ponto para épocas distintas são significativas.

Segundo *US ARMY* (2002), as variações dos pontos são calculados através da diferença das coordenadas ajustadas da campanha mais recente (f), a partir das coordenadas obtidas em algum momento de referência (i), por exemplo:

$$\Delta x = x_f - x_i \quad \text{é a variação da coordenada } x$$

$$\Delta y = y_f - y_i \quad \text{é a variação da coordenada } y$$

$\Delta z = z_f - z_i$  é a variação da coordenada  $z$

$\Delta t = t_f - t_i$  é a diferença de tempo entre as campanhas.

Cada vetor de variação tem magnitude e direção expressas como diferença das coordenadas do ponto observado. Coletivamente, esses valores descrevem o campo de variação ao longo de um determinado intervalo de tempo. Variações que excedam a quantidade de movimento esperado sob condições normais de operação irão indicar um comportamento anormal possível.

No caso em análise, foi tomado como época de referência (i), as coordenadas ajustadas da sessão do dia 21/04/12 pois constituiu a primeira sessão de levantamento válido no ponto. As coordenadas ajustadas de todas as sessões subsequentes foram consideradas como sendo das épocas mais recentes (f). Assim, as variações das coordenadas do ponto MAUAGNSS1 calculados através das diferenças das coordenadas ajustadas, são apresentados na tabela 10.

TABELA 10 - DIFERENÇA DAS COORDENADAS AJUSTADAS DAS SESSÕES MAIS RECENTES (f) EM FUNÇÃO DA SESSÃO DE REFERÊNCIA (i), PROCESSADAS COM AS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS

Sessão	X (m)	Y (m)	Z (m)	$\Delta X = X_f - X_i$ (m)	$\Delta Y = Y_f - Y_i$ (m)	$\Delta Z = Z_f - Z_i$ (m)	$\Delta t = t_f - t_i$ (dias)
21/04/2012	3690449.6679	-4510214.2214	-2585018.2369	0.0000	0.0000	0.0000	0
22/04/2012	3690449.6619	-4510214.2087	-2585018.2306	-0.0060	0.0127	0.0063	1
23/04/2012	3690449.6409	-4510214.1837	-2585018.2118	-0.0270	0.0377	0.0251	2
24/04/2012	3690449.6223	-4510214.1561	-2585018.1955	-0.0456	0.0653	0.0414	3
25/04/2012	3690449.6411	-4510214.1653	-2585018.2050	-0.0268	0.0561	0.0319	4
26/04/2012	3690449.6537	-4510214.1865	-2585018.2183	-0.0142	0.0349	0.0186	5
27/04/2012	3690449.6367	-4510214.1856	-2585018.2104	-0.0312	0.0358	0.0265	6
28/04/2012	3690449.6483	-4510214.1822	-2585018.2161	-0.0196	0.0392	0.0208	7
29/04/2012	3690449.6708	-4510214.2156	-2585018.2392	0.0029	0.0058	-0.0023	8
30/04/2012	3690449.6344	-4510214.1804	-2585018.2133	-0.0335	0.0410	0.0236	9
01/05/2012	3690449.6167	-4510214.1622	-2585018.2018	-0.0512	0.0592	0.0351	10
02/05/2012	3690449.6377	-4510214.1792	-2585018.2154	-0.0302	0.0422	0.0215	11
03/05/2012	3690449.6353	-4510214.1754	-2585018.2114	-0.0326	0.0460	0.0255	12
04/05/2012	3690449.6160	-4510214.1519	-2585018.1968	-0.0519	0.0695	0.0401	13
05/05/2012	3690449.6326	-4510214.1710	-2585018.2037	-0.0353	0.0504	0.0332	14
06/05/2012	3690449.6362	-4510214.1791	-2585018.2134	-0.0317	0.0423	0.0235	15
07/05/2012	3690449.6482	-4510214.1849	-2585018.2195	-0.0197	0.0365	0.0174	16
08/05/2012	3690449.6280	-4510214.1709	-2585018.2059	-0.0399	0.0505	0.0310	17
09/05/2012	3690449.6545	-4510214.1957	-2585018.2257	-0.0134	0.0257	0.0112	18
10/05/2012	3690449.6267	-4510214.1664	-2585018.2066	-0.0412	0.0550	0.0303	19
11/05/2012	3690449.6377	-4510214.1783	-2585018.2084	-0.0302	0.0431	0.0285	20
12/05/2012	3690449.6490	-4510214.2111	-2585018.2251	-0.0189	0.0103	0.0118	21
13/05/2012	3690449.6603	-4510214.2054	-2585018.2309	-0.0076	0.0160	0.0060	22

FONTE: O AUTOR 2012

A figura 40 mostra a variação das coordenadas do ponto MAUAGNSS1 em função das sessões diárias, tomando como referência a sessão do dia 21/04/2012.

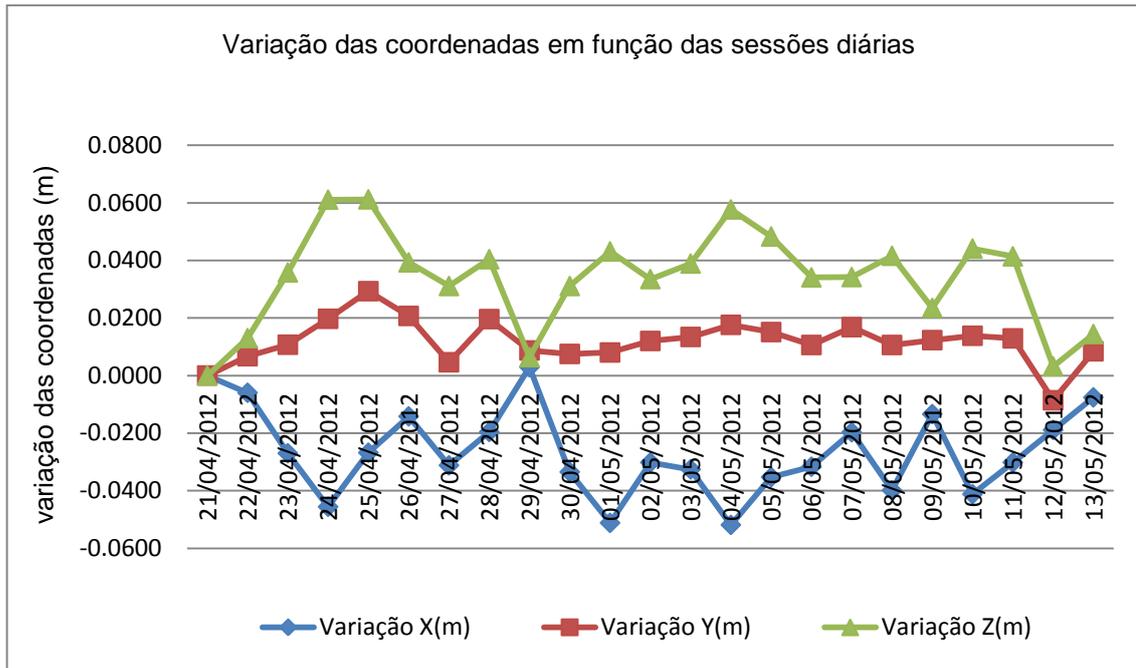


FIGURA 40 - VARIAÇÃO DAS COORDENADAS DO PONTO MAUAGNSS1 EM FUNÇÃO DAS SESSÕES DIÁRIAS

FONTE: O AUTOR (2012)

Pela análise dos resultados que constam da tabela 10 e do gráfico da figura 40 é possível dizer que as variações das coordenadas são cíclicas em função das sessões diárias. Acredita-se que este comportamento cíclico esteja relacionado com a incidência solar sobre a estrutura da barragem, e que o mesmo, também é afetado pelo nível de água no reservatório, embora na última campanha o reservatório estivesse com aproximadamente 1,5 m acima do nível normal em razão do grande período de chuva na região. Outro pormenor que é possível comentar está relacionado com a ordem de grandeza da variação das coordenadas, que se encontram em alguns casos na ordem de milímetros, sendo que na grande maioria na ordem de centímetros. Este facto deve estar associado aos longos comprimentos das linhas de base (acima de 144 km) e a precisão do instrumento, no caso, 5mm + 0,5 ppm.

Segundo BARZAGHI et al., (2012) em um estudo sobre o comportamento da deformação de duas barragens localizadas na Sardinia nomeadamente Genna e Cantoniera, feito através da estimativa de modelos analíticos apropriados que dependem do tempo, nível de água no reservatório e outras variáveis físicas, tais como a temperatura do ar e da água, concluíram que tanto o modelo de deformação

de referência deduzido a partir de observações do pêndulo, assim como a tecnologia GNSS apresentam bons resultados (inferior a um milímetro) no controle de deformações de estruturas. No entanto, no uso da tecnologia GNSS é preciso garantir que as estações de referência estejam localizadas a uma curta distância (menos de dois quilômetros).

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

No final deste trabalho podemos concluir que a barragem encontra-se neste momento sendo monitorado continuamente através da estação GNSS instalada na sua ombreira esquerda e os dados estão sendo coletados através do cartão SD inserido no receptor e simultaneamente estão sendo enviados pela internet para um local FTP, criado para o efeito no servidor FTP da COPEL.

Pelas análises das tabelas e gráficos dos desvios padrão quando processados com efemérides transmitidas e com efemérides precisas verifica-se que a melhoria dos resultados não é tão significativa, mantendo-se nas duas etapas na ordem de milímetros e em alguns casos na ordem de centímetros. Existem também situações em que, o processamento com efemérides transmitidas mostra resultados com melhores qualidades do que quando processados com efemérides precisas.

Ao se processar os dados com as estações de Maringá-PRMA, Guarapuava-PRGU e Curitiba-UFPR verificou-se que a qualidade dos resultados melhora em função do comprimento da linha de base, isto é, quanto menor for o comprimento da linha de base, melhor é a qualidade dos resultados. Assim, o processamento com a estação de Maringá-PRMA (linha de base PRMA – MAUAGNSS1 – 145km) apresentou melhor resultado quando comparado com os processamentos com as estações de Guarapuava-PRGU (linha de base PRGU – MAUAGNSS1 – 167km) e Curitiba-UFPR (linha de base UFPR – MAUAGNSS1 – 215km).

Apesar do processamento com a estação de Maringá-PRMA apresentar melhores resultados comparado com o processamento com as outras estações, na análise das variações das coordenadas verifica-se que os mesmos se apresentam na ordem de centímetros.

Considerando que o tempo de levantamento destas campanhas foi de certa forma curto (menos de 30 dias) a redução dos dados para uma mesma época não é significativa, entendendo que a placa litosférica tem uma variação de cerca de 1cm/ano, segundo SUCI (2012).

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Realizar o processamento dos dados com diferentes formatos, utilizando um software científico e instalar uma estação de referência próxima da barragem para avaliar o comportamento dos resultados.

Realizar o processamento dos dados com comprimentos de arquivos de por exemplo uma hora e com uma sessão de 24 horas (1 dia) para avaliar o comportamento da estrutura da barragem durante a variação da insolação que a mesma recebe ao longo do dia.

Reduzir os dados GNSS para uma mesma época a fim de avaliar o ganho na qualidade dos resultados.

Utilizar os dados do pilar 1 (PG 01) localizado à cerca de 350 metros da estação MAUAGNSS1 como ponto de referência e processar os dados coletados para avaliar o ganho na qualidade dos resultados se comparado com os processados com as estações da RBMC.

## REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, F.R. **The Use of Roller Compacted Concrete**. São Paulo: Oficina de Textos, 1989.

BARZAGHI *et. al.*. **The Monitoring of Gravity Dams: Two Tests in Sardinia, Italy**. Roma, Italia, 2012.

CBDB. Núcleo de São Paulo. **Guia básico de segurança de barragens**. São Paulo, 78p. 2001

CÓDIGO AZUL. **Barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá**. Janeiro de 2011.

DEPARTMENT OF ARMY – U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, Manual 1110-1-1004 **Deformation monitoring and control surveying**, Washington, DC, 1994

ELETROBRÁS. **Critérios de projeto civil de usinas hidrelétricas**. Outubro de 2003.

FAZAN, J.A. **Aplicação do teste de congruência global e análise geométrica para detecção de deslocamentos em redes geodésicas: Estudo de caso na UHE de Itaipu**, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FIORINI, A. S. **Curso: Segurança de barragens**, 2008

GENTILE, G. **Study, Preparation and Placement of Low Cement Concrete with Special Regards to Its Use in Solid Gravity Dams**. VIII International Congress on Large Dams, Edinburgh, 1964.

GRANEMANN, D.C. **Estabelecimento de uma rede geodésica para o monitoramento de estruturas: Estudo de caso na usina hidrelétrica de salto Caxias**. Dissertação de apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 112p, UFPR, Curitiba, 2005.

HANSEN, K.D; REINHARDT, W.C. **Roller Compacted Concrete Dams**. New York: McGraw-Hill, 1991.

HUDNUT, K.W.; BEHR, J.A. Continuous GPS monitoring of structural deformation at Pacoima dam, California. **Seismological Society of America**, 1998.

IBGE. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS**. Rio de Janeiro, 2008.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências: Orientações para instalação de estações de monitoramento contínuo GNSS compatíveis com a RBMC**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc/shtm>. Acesso em 28 de Outubro de 2011.

ICOLD. **State of the art of roller compacted concrete dams**. International commission on large dams, 1997.

KRUEGER, C. P.. **Notas de aulas de tópicos especiais em geodésia**-Universidade Federal do Paraná - Curitiba, 2011.

KUPERMAN, S.C. **Barragens Brasileiras de Concreto Compactado com Rolo - Passado, Presente e Futuro**. II Simpósio Nacional de Concreto Compactado com Rolo, Curitiba, 1996.

LACERDA, D; CABRAL, D; MATHIAS, H; LEMOS, M; RIVELINO, R. **Fatores que determinaram o CCR – Concreto compactado com rolo como material para o projeto estrutural da Barragem do AHE Peixe Angelical**. Trabalho final de graduação, Universidade católica de Goiás, 2006.

LEICA GEOSYSTEMS AG, **Manual de operação versão 2.0**. Heerbrugg – Suíça, 2011.

MARQUES FILHO, J. **Maciços Experimentais de Laboratório de Concreto Compactado com Rolo aplicado às Barragens**. Tese de doutorado em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

MARQUES FILHO, J; MARINO, M.A; GABINO, A.S.G; KIDO, A.T. **Parâmetros necessários ao projeto de barragens de CCR – Barragem de Derivação do Jordão como exemplo**. II Simpósio nacional de concreto compactado com rolo, Curitiba, 1996.

MEHTA, P.K; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: PINI, 2008.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília, 2002.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Unesp, 476 p., 2008.

NICKITOPOULOU *et. al.*. **Monitoring dynamic and quasi-static deformations of large flexible engineering structures with GPS: Accuracy, limitations and promises.** Engineering Structures. Março, 2006.

OGUNDIPE, O.; ROBERTS, G. **Antenna selection for bridge deformation monitoring – comparison of multipath mitigation characteristics for three types of antennas.** FIG working week, 2011

OLIVEIRA, L.F.P; MUSSI, J.M.P; MOSER, D.E. **Desenvolvimento do método executivo de concreto compactado com rolo – A experiência da COPEL.** XVIII Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica, Curitiba, 2005.

OLIVEIRA, P.J.R; SALLES, F.M. **Concreto Compactado a Rolo - Características e Propriedades.** I Simpósio de Obras em Concreto Compactado com Rolo, São Paulo, 1995.

PCA. **Bonding Roller Compacted Concrete Layers.** Concrete Information. Skokie, USA: Portland Cement Association, 1987.

RESENDE, F.D. **Concreto compactado com rolo – Melhores práticas.** Construtora Norberto Odebrecht SA, 2005.

RIBEIRO, F. C. D. **Proposta de metodologia para verificação da estabilidade dos pilares de redes para monitoramento geodésico de barragens. Estudo de caso.** Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SCHAAL, R.E. ; LAROCCA, A.P.C. A tecnologia GPS aplicada à detecção de deslocamentos verticais causados por forças estáticas e dinâmicas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59/02, Ag. 2007.

SEGANTINE, P.C.L.. **Estudo do sinergismo entre os sistemas de informação geográfica e o de posicionamento global.** Tese de livre-Docente – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2001.

SILVA, R. N. F.. **Avaliação da técnica de nivelamento, método Leap-Frog, na determinação de recalques em estruturas, a partir do nivelamento geométrico: Estudo de caso para a UHE de Mauá.** Seminário de qualificação – Universidade Federal do Paraná, 2011.

SOARES, M. A. *et. al.*. **Novas metodologias aplicadas ao monitoramento da barragem de Salto Caxias.** Espaço Energia. Outubro, 2004.

SUCI, F. M. **Estudo sobre a Estabilidade da Rede Geodésica de Monitoramento da UHE de Salto Caxias.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Paraná, 2012.

US ARMY, **Structural Deformation Surveying.** Washington: Engineer Manual, 2002. 292p.

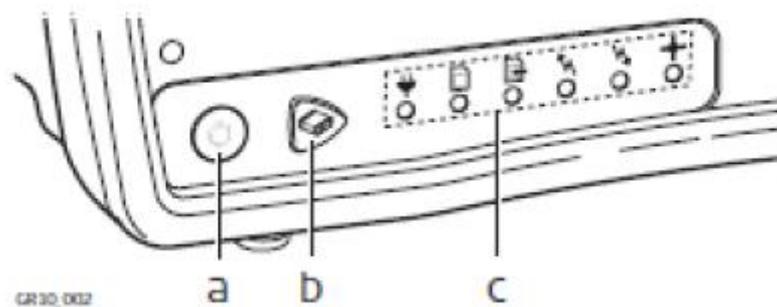
WESTON, N. D.; SCHWIEGER, V.. **Cost effective GNSS positioning techniques.**  
FIG. Copenhagen, Denmark. January, 2010.

WOLF, P. R., GHILANI, C. D. **Adjustment Computations: spatial data analysis.**  
New Jersey: John Wiley & Sons, 2006.

**ANEXO**

## MANUAL DE OPERAÇÃO DO GR10

### TECLADO DO GR10



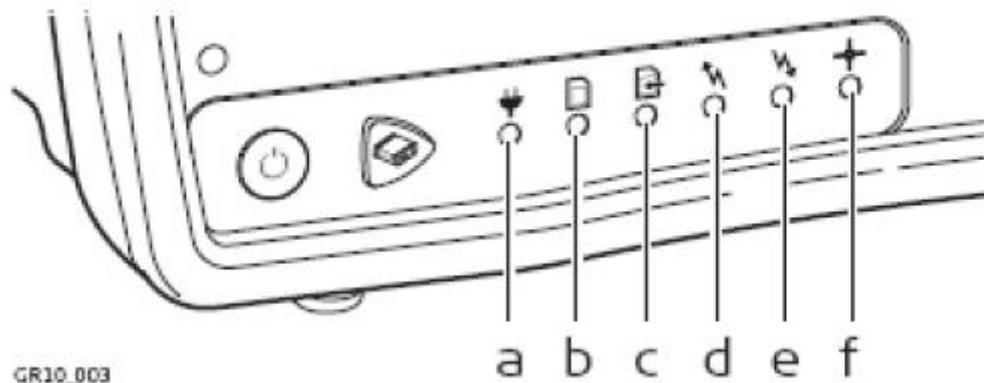
**a.** Botão ON/OFF

- Se o receptor GR10 está off: liga GR10 quando pressionado cerca de 3s;
- Se o receptor GR10 está on: Desliga GR10 quando pressionado cerca de 3s.

**b.** Botão de função

**c.** LED's

## DESCRIÇÃO DOS LED'S DO RECEPTOR GR10



### a. LED de ligação a fonte

Off – indica instrumento desligado;

Verde – indica instrumento ligado.

### b. LED de cartão SD

Off – indica que nenhum cartão está inserido ou o receptor está desligado;

Verde – indica que o cartão SD está inserido e o espaço livre é superior a 20%;

Amarelo – indica que o espaço livre no cartão SD é inferior a 20%;

Vermelho – indica que o cartão SD está cheio e a coleta de dados parou.

### c. LED de coleta de dados brutos

Off – indica que não há sessões de coleta ativas ou fonte de energia está desligado;

Verde – indica que as sessões de coleta estão configuradas e ativadas no instrumento e estão sendo gravados dados brutos;

Amarelo – indica que as sessões de coleta estão configuradas e ativadas mas a limpeza inteligente está eliminando todos ou alguns dados das sessões de coleta configurados; OU indica que as sessões de coletas estão configuradas e ativas mas nenhuma posição encontra-se disponível;

Vermelho – indica que as sessões de coleta estão configuradas e ativadas mas o cartão SD está cheio ou nenhum satélite está sendo rastreado.

- d. LED de fluxo de dados de saída RT
- e. LED de fluxo de dados de entrada RT
  
- f. LED de posição

Off – indica que o instrumento está desligado;

Verde – indica que o instrumento está rastreando satélites mas nenhuma posição está disponível;

Amarelo – indica que uma posição navegada está disponível;

Vermelho – indica que nenhum satélite está sendo rastreado e nenhuma posição navegada está disponível.

## CONFIGURAÇÃO DE REDE NÃO DHCP

1º Passo – ligar o computador.

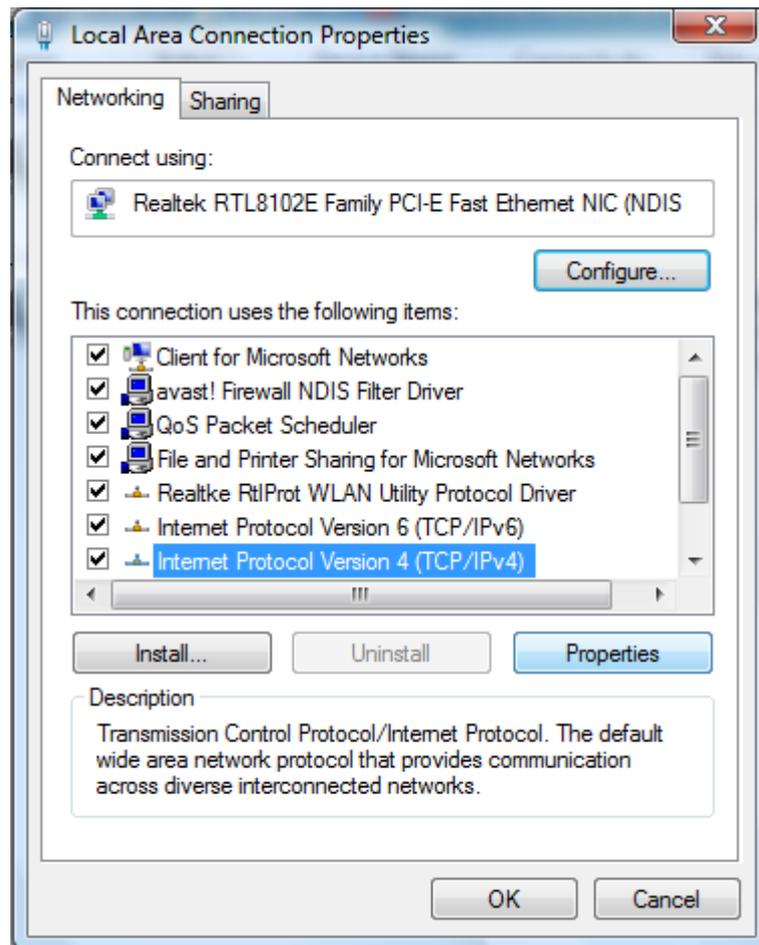
2º Passo – ligar um cabo Ethernet cruzado ao computador e à porta Ethernet na face traseira do GR10 e introduzir o cartão de memória.

3º Passo – ligar o GR10 pressionando no botão vermelho continuamente por cerca de 3 segundos.

4º Passo – no computador, ir para iniciar/painel de controle/ centro de rede e compartilhamento (*network and sharing center*).

5º Passo – estando em centro de rede e compartilhamento (*network and sharing center*), dar um clique em gerenciar conexões de rede (*manage network connections*).

7º Passo – fazer um clique no botão direito do mouse em conexões de rede local (*local area connection*) e um clique em propriedade e será aberta a respectiva janela de propriedades (*local area connection properties*).



8º Passo – selecionar a opção Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) fazendo um clique sobre ele.

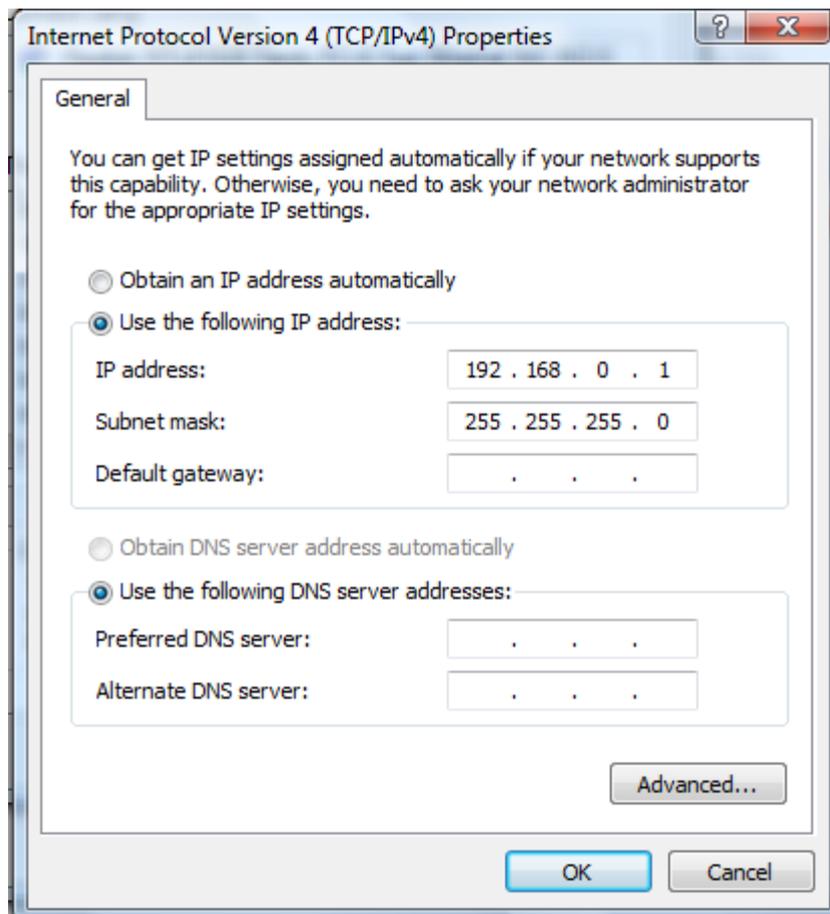
9º Passo – fazer um clique em propriedades (*properties*) na janela de propriedades de conexões de rede local (*local area connection properties*) e será aberta em seguida a janela de propriedades de Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4).

10º Passo – selecionar a opção utilizar o seguinte endereço IP (*use the following IP address*).

11º Passo – introduzir o seguinte endereço IP (IP address) 192.168.0.1

12º Passo – introduzir a seguinte máscara de sub-rede (subnet mask) 255.255.255.0

13º Passo – clicar em OK e fechar a janela de propriedades de conexões de rede local e as janelas restantes também.



14º Passo – abrir uma janela no navegador de internet (de preferência internet explorer), introduzir o endereço 192.168.0.3 e clicar no ENTER para acessar (abrir) a interface Web.

### **Atenção:**

Por defeito, o GR10 está configurado para obter automaticamente um endereço IP da rede DHCP. Para utilizar o endereço IP estático 192.168.0.3, desligar e ligar o GR10 após a ligação do cabo Ethernet cruzado.

GR10 - 2.00 (642)

- when it has to be right **Leica**  
Geosystems

**Status**  
Ver o status de informação do receptor bem como a as sessões de registro e transferência, rastreamento do satélite, portas usadas e recursos do sistema.

**Configuração do receptor**  
Configurar todas as configurações relacionadas ao receptor como conexões de rede, endereços de FTP push e gestor de usuário. Ou use as ferramentas para atualizar o firmware do receptor, adicionar novos códigos de opção ou alternar para o idioma preferido.

**Gerenciador GNSS**  
Configurar todos os dados GNSS relacionados às configurações como sessões de registro, fluxos de dados, e configurações de monitoramento. Ou entrar informação específica do site como nome, posição e detalhes da antena.

**Suporte**  
Envie informação do receptor e perguntas para o contato de suporte Leica, fique informado sobre novo firmware ou navegue o Leica FAQs para rapidamente encontrar uma solução para questões comuns.

**Conectar**  
Nome do usuário  
Senha  
Conectar

15º Passo – introduzir o nome do usuário (Laig, onde L é maiúsculo e as restantes letras são minúsculas) e a senha (ufpr2002, todas letras minúsculas e ligadas aos números) e em seguida fazer um clique em conectar para aceder a tela seguinte.

GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-17 16:42:19

Principal | Status | Gerenciador GNSS | **Configuração do receptor** | Ajuda | Suporte

- when it has to be right **Leica**  
Geosystems

**Status**  
Ver o status de informação do receptor bem como a as sessões de registro e transferência, rastreamento do satélite, portas usadas e recursos do sistema.

**Configuração do receptor**  
Configurar todas as configurações relacionadas ao receptor como conexões de rede, endereços de FTP push e gestor de usuário. Ou use as ferramentas para atualizar o firmware do receptor, adicionar novos códigos de opção ou alternar para o idioma preferido.

**Gerenciador GNSS**  
Configurar todos os dados GNSS relacionados às configurações como sessões de registro, fluxos de dados, e configurações de monitoramento. Ou entrar informação específica do site como nome, posição e detalhes da antena.

**Suporte**  
Envie informação do receptor e perguntas para o contato de suporte Leica, fique informado sobre novo firmware ou navegue o Leica FAQs para rapidamente encontrar uma solução para questões comuns.

Geral		Rastrear	
24.2 V	969.35 Mb (99.21%) livre	Navegada	GPS 9 / 9
Nenhum drive USB	Sem fluxo(s) de dados ativo	GPS	GLO 5 / 5
Sem sessão(ões) de registro ativo(s)	00h 14min	GAL	Sem opção
Limpeza inteligente não ativada		COM	Sem opção
		SBAS	Não ativado
		OSC	Interno

**Registro de evento**

- 16:32:03 Nem todos os arquivos produtos podem ser armazenados.
- 16:28:44 Posição navegada disponível.
- 16:27:59 Cartão SD pronto

Speed up browsing by disabling add-ons. Choose add-ons Ask me later

## CONFIGURAR E INICIAR UMA SESSÃO DE COLETA DE DADOS

16º Passo – com o cursor sobre a janela gerenciador GNSS clicar em nome do local e coordenadas.

The screenshot displays the Leica GNSS software interface. At the top, there is a header with the text 'GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-17 16:42:19'. Below this is a red navigation bar with the following menu items: 'Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte'. The main content area is divided into four panels:

- Status:** Represented by a gauge icon. The text says 'Ver o bem d transf portas'. A dropdown menu is open over this panel, listing: 'Nome do local e coordenadas', 'Rastrear', 'Fluxo de dados', 'Sessões de coleta', 'Endereços FTP', 'Gestor de antena', and 'Sessões temporizadas'.
- Configuração do receptor:** Represented by a gear icon. The text says 'Configurar todas as configurações relacionadas ao receptor como conexões de rede, endereços de FTP push e gestor de usuário. Ou use as ferramentas para atualizar o firmware do receptor, adicionar novos códigos de opção ou alternar para o idioma preferido.'
- Gerenciador GNSS:** Represented by an antenna icon. The text says 'Configurar todos os dados GNSS relacionados às configurações como sessões de registro, fluxos de dados, e configurações de monitoramento. Ou entrar informação específica do site como nome, posição e detalhes da antena.'
- Suporte:** Represented by a person icon. The text says 'Envie informação do receptor e perguntas para o contato de suporte Leica, fique informado sobre novo firmware ou navegue o Leica FAQs para rapidamente encontrar uma solução para questões comuns.'

17º Passo – escrever o nome do local (MAUAGNSS1), o nome do marcador (MAUAGNSS1) e no canto inferior direito clicar uma vez em obter posição atual. Na mesma tela e no canto superior direito clicar no disquete azul para gravar as configurações e confirmar as alterações clicando em ok na janela de *message from webpage* que aparece.



GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-10 15:40:26

Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte

Gerenciador GNSS

### Nome do local e coordenadas

Nomeação	
Nome do local	MAUAGNSS1
Código do local	0837
Nome do marcador	MAUAGNSS1
Número do marcador	0837

Coordenadas	
Tipo de coordenadas	Geodésico
Latitude	24 ° 3 ' 50.439163 " Sul
Longitude	50 ° 42 ' 30.667377 " Oeste
Altura elipsoidal	640.2189 m

Configurações de tempo	
Fuso horário	(GMT-02:00) Mid-Atlantic

Obter posição atual 

Restaurar valores padrão 

18º Passo – com o cursor na janela do gerenciador GNSS clicar em rastrear e configurar o sinal de L2 (L2C e L2P(Y)) para o sistema GPS, o ângulo de corte de 10°, código suavizado e oscilador interno. Gravar as configurações fazendo um clique no disquete azul e confirmando a alteração com um clique em OK na janela de *message from webpage* que aparece.



GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-17 16:56:24

Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte

Gerenciador GNSS

### Rastrear

Configurações de monitoramento	
Sistema de satélite	<input checked="" type="checkbox"/> GPS <input checked="" type="checkbox"/> GLONASS <input type="checkbox"/> GALILEO <input type="checkbox"/> SBAS
Sinais de satélite	<input checked="" type="checkbox"/> L1 <input checked="" type="checkbox"/> L1 <input type="checkbox"/> L1 <input type="checkbox"/> Rastrear sat sist: <input checked="" type="checkbox"/> L2C e L2P(Y) <input checked="" type="checkbox"/> L2 <input type="checkbox"/> E5A <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> L5 <input type="checkbox"/> E5B <input type="checkbox"/> Alt-Boc
Ângulo de corte	10 °
Código suavizado	Suavizado
Mensagem na perda de sinal	<input type="checkbox"/>
Oscilador	Interno

Restaurar valores padrão 

Inicializar motor de medição 

19º Passo – com o cursor em gerenciador GNSS, clicar em sessões de coleta e aparecerá a tela seguinte. Nesta tela, clicar em criar uma nova sessão de coleta no canto inferior direito.



The screenshot shows the 'Gerenciador GNSS' interface. At the top, there is a header with the text 'GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-17 16:59:05' and a navigation bar with links: 'Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte'. Below the navigation bar, the title 'Gerenciador GNSS' is followed by 'Sessões de coleta'. A table lists several sessions with columns for 'Nome', 'Tipo de dados', 'Prioridade de limpeza', and 'Ativar'. At the bottom right, there is a button labeled 'Criar nova sessão de coleta' with a green plus icon.

Sessões	Limpeza inteligente			
Nome	Tipo de dados	Prioridade de limpeza	Ativar	
Projeto1	MDB	medium	X	▶
S1	MDB	medium	X	▶
S2	MDB	medium	X	▶
SESSAO1	MDB	medium	X	▶
SESSAO2	MDB	medium	X	▶
Teste1	MDB	medium	X	▶
TESTE2	MDB	medium	X	▶
TESTE3_UFPR	MDB	medium	X	▶
TESTE4_UFPR	MDB	medium	X	▶

Criar nova sessão de coleta +

20º Passo – depois de clicar em criar nova sessão de coleta na tela anterior, aparecerá a tela seguinte de sessão de coleta guiada. Nesta tela, configurar o nome da sessão (SESSÃO2), tipo de dados (MDB), prioridade da sessão (alta), tipo de sessão (contínua) e clicar na seta azul duplicada no canto inferior ou superior direito.

GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-17 17:01:14

Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte

Gerenciador GNSS

## Sessão de coleta guiada

Criar uma nova sessão de coleta

Nome da sessão	<input type="text"/>
Tipo de dado	MDB
Prioridade da sessão	média <span style="color: red;">Limpeza inteligente está desligada.</span>
Tipo de sessão	contínuo

21º Passo – na tela seguinte configurar taxa de coleta (15 segundos), comprimento do arquivo (24 horas), dinâmicos (estático) e clicar na seta azul para continuar.

GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-04-17 17:06:02

Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte

Gerenciador GNSS

## Sessão de coleta guiada

TESTE5\_UFPR - MDB

Taxa de coleta	15 seg
Comprimento do arquivo	2 h
Dinâmicos	estático
Registro de observações doppler	<input type="checkbox"/>

22º Passo – a seguir, ativar arquivos zip, escolher o endereço FTP (ftpcopel) e na opção apagar arquivos, escolher nunca. Em seguida fazer um clique na seta azul na tela para continuar.

### Atenção

O cartão SD pode funcionar cheio quando “apagar arquivos” está definido para “nunca” e o limpeza inteligente está desabilitado

Se escolher uma outra opção diferente de nunca em apagar arquivos, deverá habilitar o limpeza inteligente para que os arquivos sejam apagados automaticamente no final do período escolhido.

TESTE5_UFPR - Tratar dados	
Arquivos zip	<input checked="" type="checkbox"/>
Convenção de nomenclatura de diretório	Nome da sessão / Local / Ano / Mês / Dia do mês
	TESTE5_UFPR / 0837 / 2008 / 07 / 16 / 0837198a00.08o
Escolher endereço FTP	ftpcopel
Apagar arquivos	Nunca
<p>O cartão SD pode funcionar cheio quando "apagar arquivos" está definido para "nunca" e o Limpeza inteligente está desabilitado.</p>	

23º Passo – finalmente, na tela seguinte ativar a sessão e fazer um clique no disquete azul para gravar as configurações da sessão. Depois de clicar no disquete para gravar as configurações, automaticamente se abre uma nova tela de sessão de coleta com a sessão configurada ativada.

TESTE5_UFPR - Definir status de registro	
Ativar sessão	<input checked="" type="checkbox"/>

GR10 - 2.00 (642) | 0837 | 2012-06-07 15:43:10

Principal | Status | Gerenciador GNSS | Configuração do receptor | Ajuda | Suporte

Gerenciador GNSS

## Sessões de coleta

Sessões	Limpeza inteligente				
Nome	Tipo de dados	Prioridade de limpeza			Ativar
Projeto1	MDB	medium			
S1	MDB	medium			
S2	MDB	medium			
SESSAO1	MDB	medium			
SESSAO2	MDB	high			
Teste1	MDB	medium			
TESTE2	MDB	medium			
TESTE3_UFPR	MDB	medium			
TESTE4_UFPR	MDB	medium			
TESTE5_UFPR	MDB	medium			

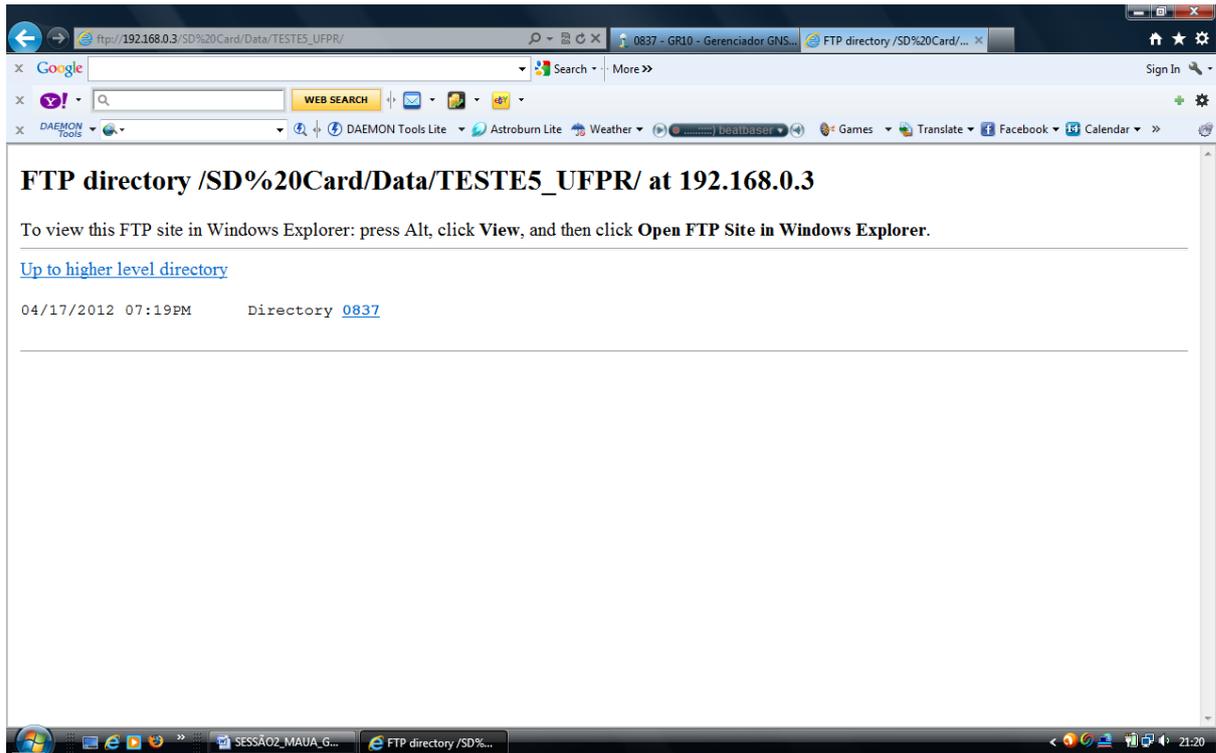
Criar nova sessão de coleta

PARAR UMA SESSÃO E DESCARREGAR (GRAVAR) OS DADOS (ARQUIVOS) DO CARTÃO SD PARA O COMPUTADOR

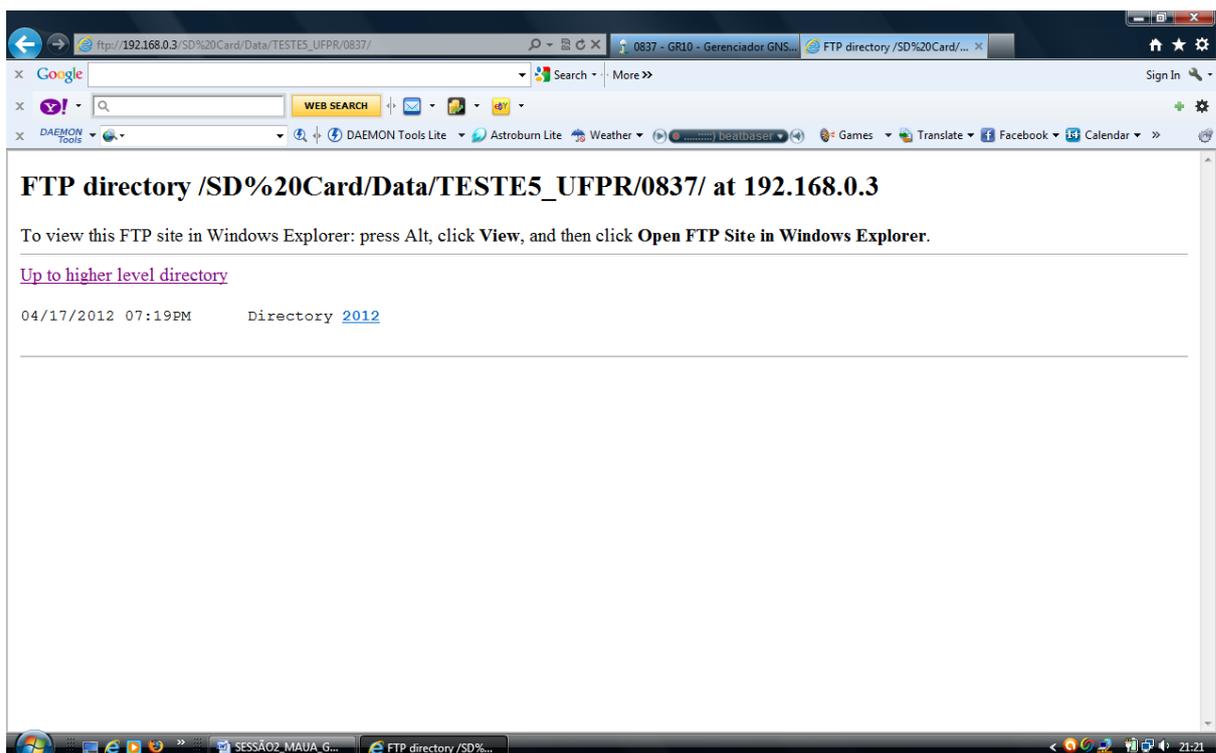
24º Passo – parar a sessão de coleta em curso, clicando em *pause* na tela da sessão de coleta.

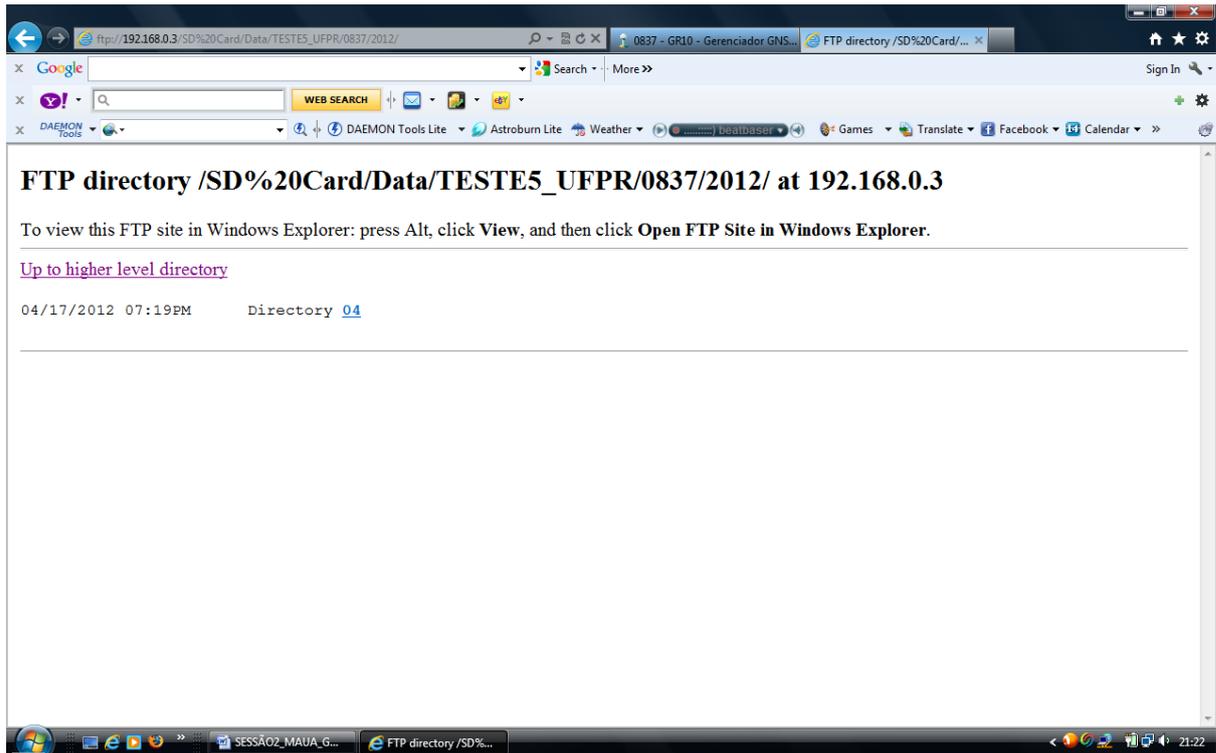
25º Passo – clicar uma vez sobre o nome da sessão de coleta cujos dados devem ser descarregados e uma janela de propriedades daquela sessão será aberta.

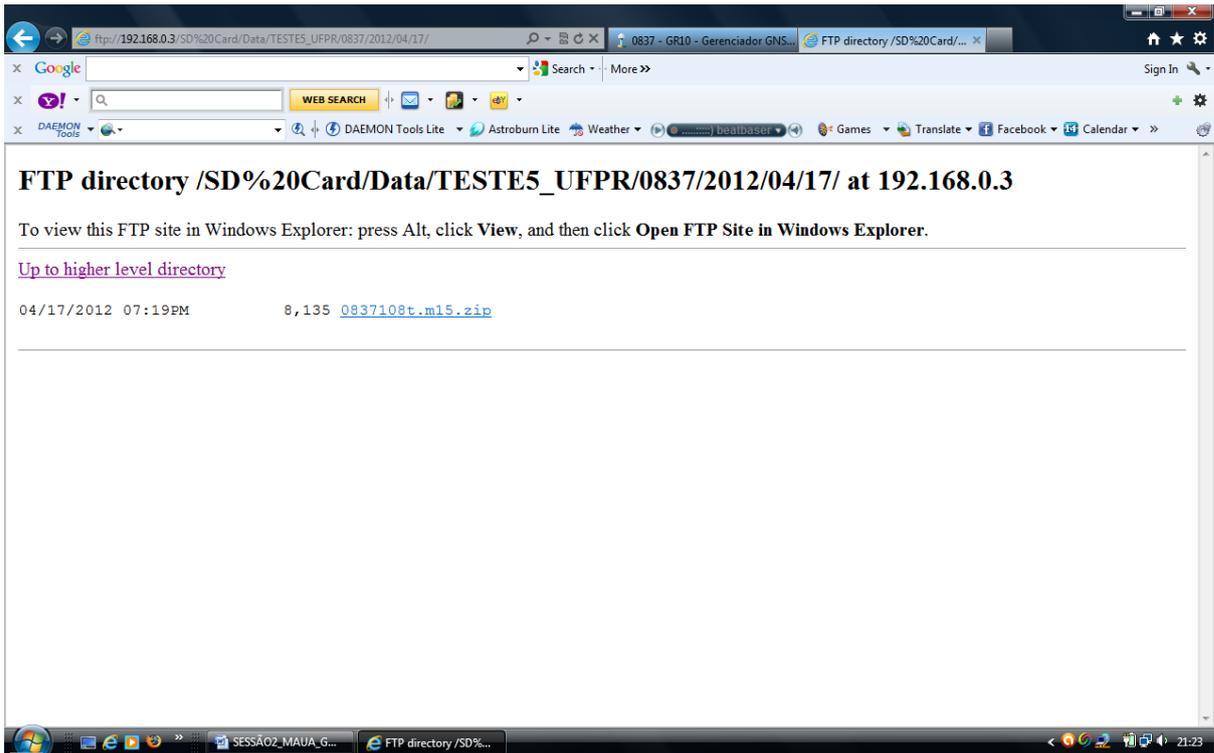
26º Passo – na tela de propriedades da sessão de interesse, só o cartão SD está habilitado. Dê um clique sobre o cartão SD e uma janela com informações do FTP *directory* será aberta.



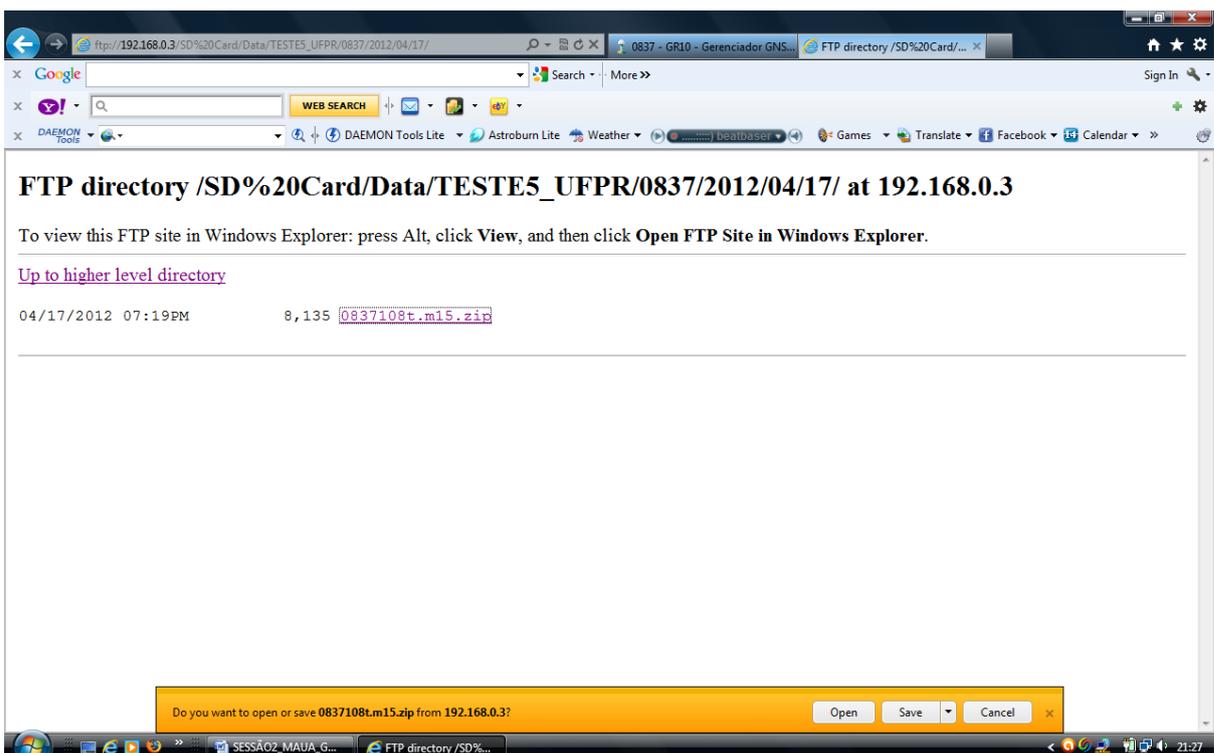
27º Passo – clicando uma vez sobre o *directory 0837* aparece o ano, no caso por exemplo 2012, clicando sobre o ano, aparece o mês, no caso por exemplo 04, e com um clique sobre o mês, aparece a data, no caso por exemplo 17. Finalmente com um clique sobre a data, aparecem os arquivos gravados.

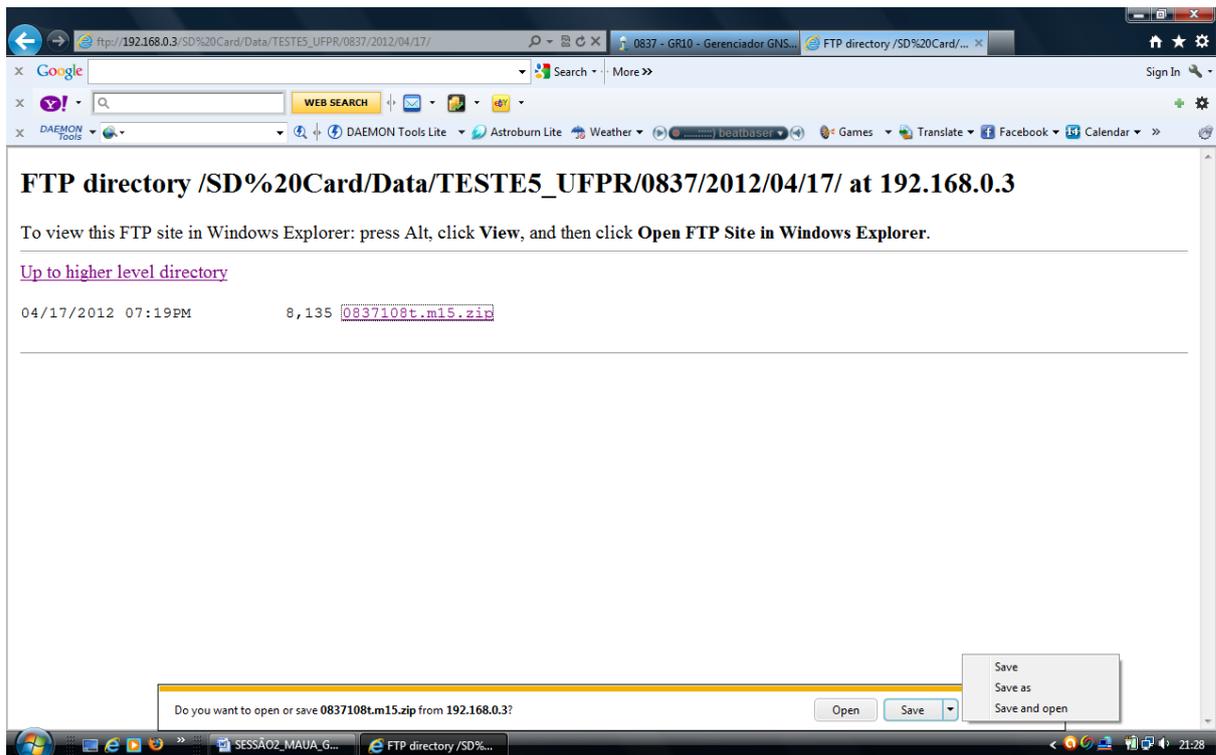






**28º Passo** – A tela que contem os arquivos possui uma barra de diálogo na parte inferior com a opção de salvar. Caso não tenha, faça um clique sobre o arquivo e aparecerá na parte inferior da tela uma barra de diálogo. Selecionando a opção save é possível gravar os arquivos em qualquer lugar do computador.





29º Passo - depois de gravar os arquivos, fechar a janela de FTP *directory* e será aberta imediatamente a janela principal da sessão de coleta.

#### REINICIAR A SESSÃO PARADA

30º Passo – clicar na seta ou triângulo azul (tecla para iniciar a sessão) referente a sessão parada e este reinicia imediatamente a sessão com as mesmas configurações.

#### INICIAR UMA NOVA SESSÃO APÓS PARADA

31º Passo – voltar ao 19º Passo e repetir todos os procedimentos até o 23º Passo.

## CONFIGURAÇÃO DE REDE DHCP

Para ligar o instrumento GR10 a rede da COPEL, isto é, fazendo a configuração de rede DHCP, procede-se da seguinte maneira:

1º Passo – Ligar o computador com interface Web na rede da COPEL;

2º Passo – Ligar o cabo ethernet conectado na face traseira do GR10 a rede LAN da COPEL;

3º Passo –Ligar o GR10;

4º Passo – Abrir uma janela no navegador de internet (preferencialmente internet explorer) do computador com interface Web;

5º Passo – Escrever GR1700837 no campo de endereço do navegador;

6º Passo – A interface Web está agora acessível;

7º Passo – Utilizar os dados de acesso, **nome do usuário** e a **senha**;

8º Passo – Para continuar com as etapas seguintes, siga as instruções da CONFIGURAÇÃO DE REDE NÃO DHCP a partir do **15 passo (décimo quinto passo)**, até ao fim.