



**LEONARDO HENRIQUE RODRIGUES RIBEIRO
MATHEUS AUGUSTO PEREIRA**

**USO DE RECEPTORES GNSS PARA MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA
UHE DE CAMARGOS – ITUTINGA/MG**

**INCONFIDENTES-MG
2017**

**LEONARDO HENRIQUE RODRIGUES RIBEIRO
MATHEUS AUGUSTO PEREIRA**

**USO DE RECEPTORES GNSS PARA MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA
UHE DE CAMARGOS – ITUTINGA/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador: Prof. Me. Paulo Augusto Ferreira Borges

**INCONFIDENTES – MG
2017**

**LEONARDO HENRIQUE RODRIGUES RIBEIRO
MATHEUS AUGUSTO PEREIRA**

**USO DE RECEPTORES GNSS PARA MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA
UHE DE CAMARGOS – ITUTINGA/MG**

Data de aprovação: ____/____/____

Orientador: Prof. Me. Paulo Augusto Ferreira Borges

Prof.^a. Me. Hérica dos Reis Silva

Prof. Dr. Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que nos deu força, sabedoria, paciência, e sempre nos guiou pelo melhor caminho até a conclusão do presente trabalho.

As famílias que sempre nos apoiaram, foram pacientes e se dedicaram ao máximo para que o sonho de se tornar engenheiro fosse realizado. Sem vocês nada disso seria possível. Vocês são tudo!

Eu Leonardo Rodrigues, agradeço principalmente a minha mãe, Dona Graça, muito obrigado por tudo, pelo suporte, pelo carinho, amor e incentivo em todos esses anos, por não me deixar faltar nada e sempre estar do meu lado, este trabalho é dedicado principalmente a senhora. Um agradecimento especial também para Luísa Garcia, que sempre me apoiou em todos os momentos dessa caminhada até o final, me incentivando e ficando do meu lado para todas as situações. O meu sincero e carinhoso muito obrigado. Eu amo vocês.

Eu, Matheus, agradeço especialmente a meus pais, José Maria Pereira e Bárbara Alessandra Silva Pereira, que sempre estiveram presentes em toda essa jornada, sempre se dedicaram, ouviram com atenção e carinho as excessivas reclamações e aconselharam e apoiaram da melhor forma possível. E agradeço também a minha companheira, Luara Cividatti, que tem caminhado ao meu lado pelos bons e maus momentos. Amo vocês!

Agradecemos ao professor Paulo Augusto Ferreira Borges pela maestria na orientação do presente trabalho, e também pela sua paciência e prestatividade para todas as ocasiões envolvidas nessa jornada.

A todos os amigos envolvidos na fase de coletas de dados em campo e construção dos pilares geodésicos Gabriel Oliveira, João Reberte e o nosso exímio pedreiro Valter Antônio da Silva que nos auxiliaram e ajudaram a completar nossa missão.

Enfim, agradecemos a nossa instituição IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, em especial ao setor de Agrimensura, por oferecer todos os conhecimentos necessários para realização deste trabalho e formação profissional

EPÍGRAFE

“Complicações surgiram, continuaram e foram superadas. ”

Capitão Jack Sparrow

RESUMO

Ao longo da história, muitas civilizações vieram se estabelecendo em regiões que tornariam sua vida mais fácil, principalmente naquelas onde houvessem fontes de água, surgindo assim a ideia de armazenamento desta e, conseqüentemente, a criação das conhecidas estruturas de barragens. Por se tratarem de grandes estruturas, seu rompimento pode acarretar danos incalculáveis. Surge então o interesse pela segurança de barragens. Em 2010 é sancionada, no Brasil, a Lei N° 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de águas para quaisquer usos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de aplicar um método geodésico de monitoramento de barragem utilizando posicionamento GNSS. O método dispôs da implantação de uma rede geodésica de monitoramento com a inserção de pilares de concreto na área da barragem e a realização de campanhas de coleta de dados, das quais foram avaliadas as variações nas coordenadas dos pontos observados. Observou-se alguns erros nos dados coletados durante a etapa de processamento, acarretando em valores altos de variação de coordenadas. O método apresentado é válido para análise de variações planimétricas, porém devem ser estudadas possíveis melhorias para otimização do processo.

Palavras-chave: Monitoramento; Barragens; Posicionamento.

ABSTRACT

Throughout history, many civilizations have been established in regions that would make their life easier, especially in those where there were water sources, thus arising the idea of storing this and, consequently, the creation of known structures of dams. Because they are large structures, their disruption can entail incalculable damage. Comes up the interest for dams safety. In 2010, Law No. 12,334, which establishes the National Policy for the Safety of Dams for the Accumulation of Waters for All Uses, is sanctioned in Brazil. This work was carried out with the objective of applying a geodetic method of dam monitoring using GNSS technology. The method provided for the implementation of a geodetic monitoring network with the insertion of concrete pillars in the dam area and the execution of data collection campaigns, from which the variations in the coordinates of the observed points were evaluated. It was observed some errors in the data collected during the processing stage, resulting in high values of variation of coordinates. The presented method is valid for planimetrics analyze, but possible improvements for optimization of the process should be studied.

Keywords: Monitoring; Dams, Positioning.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1. BARRAGENS.....	4
3.1.1. Barragem de Terra	5
3.1.2. Barragem de Enrocamento	6
3.1.3. Barragem de Concreto	7
3.1.3.1. Barragem de gravidade.....	7
3.2. MONITORAMENTO E SEGURANÇA DE BARRAGENS	8
3.2.1. Monitoramento Geodésico	9
3.2.2. Nivelamento Geométrico	9
3.2.3. Trilateração e Triangulação.....	9
3.2.4. Posicionamento por Satélite	10
3.3. GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS)	10
3.4. MÉTODOS DE POSICIONAMENTO	11
3.4.1. Posicionamento Relativo.....	11
3.4.2. Posicionamento relativo estático	12
3.5. REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO.....	13
3.5.1. Tipos de rede de monitoramento	13
3.5.2. Projeto de rede de monitoramento	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1. ÁREA DE ESTUDO	14

4.2. MATERIAIS UTILIZADOS	15
4.3. IMPLANTAÇÃO DOS PILARES	16
4.4. IMPLANTAÇÃO DE POLIGONAL COM ESTAÇÃO TOTAL	18
4.5. CAMPANHAS DE MONITORAMENTO	18
4.5.1. Coleta com receptores GNSS	20
4.6. PROCESSAMENTO DOS DADOS	23
4.6.1. Processamento dos pilares com GNSS Solutions 3.8.80	23
4.6.2. Processamento dos pilares com PPP	24
4.6.3. Processamento dos pontos da crista	25
4.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. RASTREAMENTO DOS PILARES	28
5.2. COORDENADAS DOS PILARES	28
5.3. COORDENADAS OBTIDAS COM ESTAÇÃO TOTAL	30
5.4. COORDENADAS DOS PONTOS DE CRISTA	32
5.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
5.5.1. Análise de variação das coordenadas	42
5.5.2. Análise de variação de distâncias entre juntas	52
6. CONCLUSÃO	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APENDICE	62
ANEXO	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS	International GNSS Service
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
PD	Posição Direta
PI	Posição Inversa
ppm	Partes Por Milhão
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
SA	Sociedade Anônima
UHE	Usina hidrelétrica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - UHE de Miranda.....	5
Figura 2 - UHE de Emborcação.....	7
Figura 3 -UHE de Camargos	8
Figura 4 - Nivelamento Geométrico	9
Figura 5 - Trilateração.....	10
Figura 6 - Posicionamento relativo	12
Figura 7 - Usina Hidrelétrica de Camargos - Itutinga - MG	14
Figura 8 - Distribuição dos pilares geodésicos de monitoramento.....	16
Figura 9 - Implantação dos pilares (Escavação)	17
Figura 10 - Implantação dos pilares (Ferragem)	17
Figura 11 - Implantação dos pilares (Preenchimento com concreto)	18
Figura 12 - Distribuição dos pontos sobre a crista da barragem	19
Figura 13 - Chapa de ferro inserida na crista da barragem	19
Figura 14 - Distância entre rede implantada e estações RBMC	20
Figura 15 - Base Leica Viva GS15 posicionada no pilar 2	21
Figura 16 - Ashtech Promark 220 posicionado na crista da barragem	22
Figura 17 - Processamento do pilar 01 no GNSS Solutions	24
Figura 18 - Posicionamento por Ponto Preciso pelo site do IBGE.....	24
Figura 19 - Processamento dos pontos da crista com pilar 2 (vetores radiais).....	25
Figura 20 - Processamento do ponto 04 com o par de pilares 1 e 2	26
Figura 21 - Ponto 05 da crista da barragem.....	52

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Características dos sistemas de posicionamentos globais	11
Quadro 2 - Características técnicas para posicionamento relativo estático	12
Quadro 3 – Divisão das campanhas de monitoramento	21
Quadro 4 - Processamento primeira campanha com pilar individual	25
Quadro 5 - Processamento segunda campanha com pilar individual	25
Quadro 6 - Processamento terceira campanha individual	25
Quadro 7 - Processamento campanhas com pares de pilar	26
Quadro 8 - Tempo de rastreamento de cada pilar durante as campanhas	28
Tabela 1 - Coordenadas em UTM dos pilares processados com GNSS Solutions.....	29
Tabela 2 - Coordenadas topográficas locais dos pilares	29
Tabela 3 - Coordenadas dos pilares obtidas por PPP.....	29
Tabela 4 - Coordenadas dos pilares obtidas por PPP convertidas em topográficas locais	30
Tabela 5 - Diferença entre as coordenadas obtidas pelo processamento com GNSS Solutions e obtidas pelo PPP	30
Tabela 6 - Coordenadas obtidas com estação total em topográficas locais a partir do pilar 1 .	31
Tabela 7 - Coordenadas obtidas com estação total em topográficas locais a partir do pilar 2 .	31
Tabela 8 - Coordenadas obtidas com estação total em topográficas locais a partir do pilar 3 .	32
Tabela 9 - Média das coordenadas topográficas locais obtidas com a estação	32
Tabela 10 - Pontos da campanha A processados com pilar 2 em UTM	33
Tabela 11 - Pontos da campanha A processados com pilar 2 em coordenadas topográficas locais	33
Tabela 12 - Pontos da campanha A processados com pilar 3 em UTM	34
Tabela 13 - Pontos da campanha A processados com pilar 3 em coordenadas topográficas locais	34
Tabela 14 - Pontos da campanha B processados com pilar 1 em UTM	35

Tabela 15 - Pontos da campanha B processados com pilar 1 em coordenadas topográficas locais	35
Tabela 16 - Pontos da campanha B processados com pilar 2 em UTM	36
Tabela 17 - Pontos da campanha B processados com pilar 2 em coordenadas topográficas locais	36
Tabela 18 - Pontos da campanha C processados com pilar 1 em UTM	37
Tabela 19 - Pontos da campanha C processados com pilar 1 em coordenadas topográficas locais	37
Tabela 20 - Pontos da campanha C processados com pilar 3 em UTM	38
Tabela 21 - Pontos da campanha C processados com pilar 3 em coordenadas topográficas locais	38
Tabela 22 - Pontos da campanha A processados com os pilares 2 e 3 em UTM	39
Tabela 23 - Pontos da campanha A processados com os pilares 2 e 3 em topográficas locais	39
Tabela 24 - Pontos da campanha B processados com os pilares 1 e 2 em UTM	40
Tabela 25 - Pontos da campanha B processados com os pilares 1 e 2 em topográficas locais	40
Tabela 26 - Pontos da campanha C processados com os pilares 1 e 3 em UTM	41
Tabela 27 - Pontos da campanha C processados com os pilares 1 e 3 em topográficas locais	41
Tabela 28 - Variação das coordenadas obtidas com processamento dos pilares 2 e 3 na primeira campanha.....	42
Tabela 29 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 2 na campanha A	43
Tabela 30 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 3 na primeira campanha.....	44
Tabela 31 - Variação das coordenadas obtidas com processamento dos pilares 1 e 2 na segunda campanha.....	45
Tabela 32 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 1 na campanha B	46

Tabela 33 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 2 na segunda campanha.....	47
Tabela 34 - Variação das coordenadas obtidas com processamento dos pilares 1 e 3 na terceira campanha.....	48
Tabela 35 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 1 na terceira campanha.....	49
Tabela 36 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 3 na terceira campanha.....	50
Tabela 37 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento dos pilares 2 e 3 na primeira campanha	53
Tabela 38 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 2 na primeira campanha.....	53
Tabela 39 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 3 na primeira campanha.....	53
Tabela 40 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento dos pilares 1 e 2 na segunda campanha.....	54
Tabela 41 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 1 na segunda campanha	54
Tabela 42 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 2 na segunda campanha	54
Tabela 43 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento dos pilares 1 e 3 na terceira campanha.....	54
Tabela 44 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 1 na terceira campanha	55
Tabela 45 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 3 na terceira campanha	55

1. INTRODUÇÃO

Desde o início das civilizações, a construção de barragens utilizadas para armazenamento e controle de águas, abastecimento, irrigação e controle de sedimentos entre outras utilizações, tem sido um fator fundamental no processo de desenvolvimento. Porém, assim como outras grandes estruturas, é necessário atentar-se aos danos causados por possíveis rompimentos de tais estruturas, o que pode trazer grandes prejuízos.

No Brasil, se destaca o rompimento da barragem de Mariana (MG) no ano de 2015, o que acarretou prejuízos sociais e ambientais. Devido a fatos como este, cresce o interesse pela segurança de grandes estruturas, buscando a implementação de normas e critérios específicos para o projeto, construção, observação, inspeção, monitoramento e acompanhamento da operação de barragens e outras obras de engenharia.

Em 2010 é sancionada, no Brasil, a Lei N° 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de águas para quaisquer usos. (BRASIL, 2010). Embasados na Lei federal, órgãos como ANA e ANEEL regem documentos que servem como ferramenta essencial para o acompanhamento desta política pública, como o Relatório de Segurança de Barragens e Normativa N° 696, de 15 de dezembro de 2015.

Durante a vida útil de uma barragem são necessárias obras periódicas de manutenção e fiscalização, com intensão de preservar a estrutura, para que sejam previstas e até mesmo evitadas grandes catástrofes. A depender do tipo de estrutura e finalidade para a qual foi construída, o intervalo de tempo entre os monitoramentos pode variar (CORRÊA, 2012).

Neste contexto, o monitoramento hidráulico-mecânico de barragens através da instalação de um adequado sistema de instrumentação desempenha um papel fundamental na avaliação do comportamento dessas estruturas (GUTIÉRREZ, 2016).

Para o monitoramento é feita a instalação de instrumentos que possam avaliar o comportamento das estruturas da barragem durante o período de construção e ao longo de todo tempo de operação. Os tipos de instrumentação usados são: a instrumentação da área civil (extensômetros, pêndulos, medidores tri ortogonais, entre outros) e a instrumentação geodésica (receptores GNSS, estações totais, níveis) (RIBEIRO, 2008).

O monitoramento geodésico, unido a técnica de posicionamento por GNSS, é uma ferramenta fundamental no controle de deslocamentos absolutos em grandes obras de engenharia. Nas barragens, em conjunto com a instrumentação física de monitoramento constitui-se do subsídio para a análise do comportamento da estrutura como elemento auxiliar na prevenção de acidentes (GRANEMANN et al., 2008).

Baseado no assunto abordado, este trabalho descreve a implantação de instrumentação geodésica, utilizando o posicionamento GNSS, visando o monitoramento da estrutura da Usina Hidrelétrica de Camargos, que se encontra no município de Itutinga - MG, operada pela empresa CEMIG E TRANSMISSÃO SA.

2. OBJETIVO

2.1.OBJETIVO GERAL

Apresentar o método completo de monitoramento da estrutura da UHE Camargos, para avaliação de possíveis deslocamentos da estrutura, a partir do posicionamento GNSS por meio do método relativo pós-processado comparando-os com dados obtidos em diferentes campanhas.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implantar pilares geodésicos de monitoramento
- Determinar as coordenadas dos pilares geodésicos
- Determinar as coordenadas dos pontos da crista da barragem
- Analisar dados obtidos em diferentes campanhas para fins de monitoramento.
- Monitorar a crista da barragem através das coordenadas obtidas

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1.BARRAGENS

Sabe-se que desde os períodos mais antigos da história da humanidade as barragens são utilizadas, conhecida por uma das obras mais antigas da engenharia. E até os tempos atuais têm contribuído significativamente no desenvolvimento, já que seus benefícios são inúmeros.

De acordo com o CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens (2013), define-se barragem como sendo obstáculos artificiais com a capacidade reter líquidos, rejeitos ou detritos com a finalidade de armazená-los ou controlá-los, podendo variar de pequenos maciços de terra, normalmente utilizados em fazendas, até grandes estruturas de concreto ou aterro, utilizadas para fornecimento de água e energia elétrica ou controle de cheias e rejeitos.

Como descreve Martins [201-], pode-se classificar as barragens em função de sua forma e material, sendo normalmente adotada a classificação em função do material utilizado: barragem de terra, barragem de enrocamento ou barragem de concreto, podendo ainda serem subdivididas em classes.

A escolha do modelo a ser utilizado deve levar em consideração aspectos técnicos e econômicos. Técnicos no que diz respeito às características geológicas do seu local de instalação, como a formação do terreno e econômicos no que diz respeito a viabilidade da instalação, procurando o menor investimento e evitando-se gastos desnecessários (VOLKMER, 2011).

3.1.1. Barragem de Terra

As barragens de terra, também citadas como barragens de aterro, foram adotadas desde os tempos mais remotos, com a finalidade de aprisionar e desviar água. Stephens (2011) resume como sendo simplesmente estruturas compactadas que dependem de sua massa para que resistam ao deslocamento, sendo este o tipo de barragem mais encontrada pelo mundo.

Marangon (2004) apresenta uma subclassificação quanto ao tipo barragens de terra, conhecidos como:

- Homogêneo – composto por um único tipo de material (exceto a proteção dos taludes). Requer a necessidade de que o material utilizado seja fortemente impermeável para que a água não o transpasse e os taludes devem ser suaves para que haja estabilidade.
- Zonado – composto por um núcleo central impermeável cercado por zonas de materiais mais permeáveis de forma a protegerem o núcleo, geralmente formadas por areia, fragmentos de rochas, cascalhos ou uma mistura desses componentes.

Rijo (2007) ressalta como vantagem neste tipo de barragem a utilização essencialmente de materiais locais, não necessitando de grandes quantidades de materiais de produção industrial, além de requerer condições geotécnicas menos exigentes na fundação e evitam dispendiosas operações de remoção das formações de cobertura.

Um exemplo de barragem de terra pode ser encontrado na UHE de Miranda localizada no município de Indianópolis- MG, como pode ser visto na Figura 1:

Figura 1 - UHE de Miranda



Fonte: CEMIG (2006)

3.1.2. Barragem de Enrocamento

Segundo Marangon (2004), são denominadas barragens de enrocamento aquelas nas quais se utilizam blocos de rocha em vários tamanhos, colocadas em camadas compactadas, aliadas a um material impermeável (podendo ser, por exemplo, de asfalto ou betão) em sua face de montante. Rochas que foram sujeitas a ação de explosivos assim como as que apresentam sinais de fragmentação tornam-se inadequadas para estes projetos.

Em Martins [201-] podemos encontrar uma subdivisão deste tipo de barragem em relação ao seu núcleo e face, sendo estes:

- Enrocamento com Núcleo de Argila – neste caso a vedação pode ser constituída por materiais mais permeáveis, como areias siltosas ou rochas alteradas compactadas;
- Enrocamento com Núcleo Asfáltico – caracterizado pela utilização de concreto asfáltico como material de vedação;
- Enrocamento com face de concreto – a vedação é realizada a partir da aplicação de uma laje a montante.

A aplicação deste tipo de barragem é viável em situações nas quais o custo de outros materiais é muito elevado ou quando ocorra escassez de materiais terrosos e haja excesso de rocha dura e resistente, constituindo assim uma vantagem deste tipo.

Uma desvantagem que pode ser notada é que demanda certa especialização de maquinário e mão de obra.

A Figura 2, a seguir, representa a barragem da usina hidrelétrica de Emborcação, localizada entre os municípios de Araguari – MG e Catalão - GO, a qual é formada por enrocamento.

Figura 2 - UHE de Emborcação



Fonte: CEMIG (2006)

3.1.3. Barragem de Concreto

As barragens de concreto são caracterizadas segundo sua forma e material utilizado em sua estruturação tais como o concreto convencional vibrado ou o concreto compactado com rolo. São fortes estruturas sólidas capazes de garantir a estabilidade contra as cargas de projeto com a sua forma, massa e resistência do concreto (VOLKMER, 2011).

3.1.3.1. Barragem de gravidade

As barragens de gravidade são determinadas como as barragens que resistem à ação da água unicamente pelo seu próprio peso, de forma que a resultante das forças seja transmitida para o solo que a suporta (RIJO, 2007).

Sua forma transversal encontra-se em forma triangular aliada a forma retangular em sua parte superior e são geralmente empregadas no barramento de rios que se situam em vales estreitos (VOLKMER, 2011).

Na usina hidrelétrica de Camargos encontra-se a barragem estruturada do tipo gravidade, localizada no município de Itutinga - MG, como pode ser visto na Figura 3:

Figura 3 -UHE de Camargos



Fonte: João Reberte - Imagens Aéreas (2017)

3.2.MONITORAMENTO E SEGURANÇA DE BARRAGENS

Como cita Granemann (2008), o monitoramento de barragens é fundamental, visto que podem ser gerados grandes prejuízos devido ao rompimento de uma dessas estruturas, podendo causar danos inestimáveis a região onde venha ocorrer o fato.

Para garantir que o funcionamento de uma barragem apresente total segurança, tanto para a estrutura quanto para o ambiente que a cerca, foi aprovada a Lei nº12.334 de 20 de setembro de 2010, que traz em seus objetivos regulamentar e promover as ações de segurança, assim como promover o monitoramento das estruturas (BRASIL, 2010).

Ao se tratar de monitoramento de barragens, entende-se como a avaliação e interpretação das informações registradas do comportamento da estrutura em relação às grandezas sobre ela exercidas.

As técnicas de medição e instrumentação para o monitoramento de deformações em estruturas, de acordo com US Army Corps of Engineers (2002), podem ser classificadas em: levantamentos geodésicos, que incluem os levantamentos terrestres convencionais, técnicas de fotogrametria e posicionamento por satélite, entre outras técnicas especiais, e medições geotécnicas de deformações, nas quais são utilizados lasers, extensômetros, fio de prumo e outros.

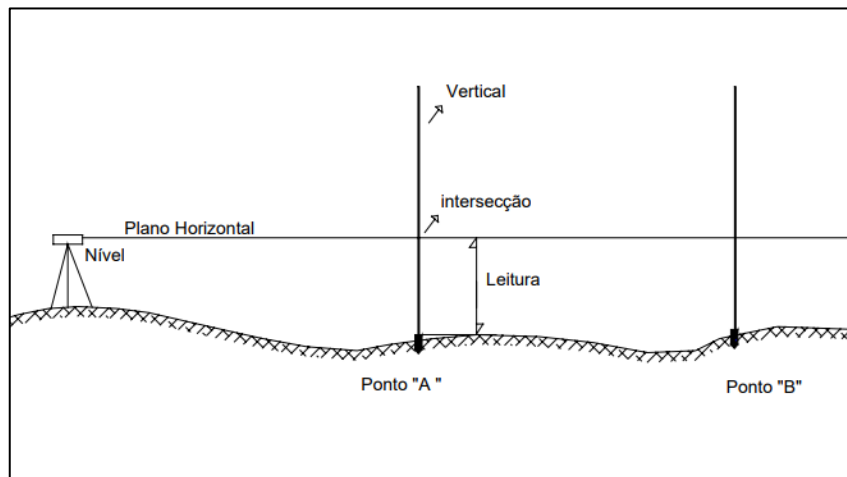
3.2.1. Monitoramento Geodésico

O monitoramento geodésico se constitui por vários métodos conhecidos por sua alta precisão que têm sido utilizados para determinar o deslocamento de pontos sobre a superfície de objetos em relação a algum ponto de referência considerado estável. Devem ser avaliadas as variações, tanto vertical quanto horizontal, das coordenadas do ponto em questão, ao longo de um determinado período de tempo (ZOCOLOTTI FILHO, 2005).

3.2.2. Nivelamento Geométrico

Método utilizado para a determinação de altitude em relação ao nível médio dos mares, ou a diferença entre a cota de dois pontos. Compreende-se no cálculo da diferença entre leituras horizontais de visadas de ré e vante, utilizando o instrumento denominado Nível.

Figura 4 - Nivelamento Geométrico



Fonte: SILVA (2003)

Em Ribeiro (2008), vemos que o nivelamento geométrico pode ser utilizado no monitoramento de barragens para determinação de deslocamentos verticais da crista. São materializados marcos de controle sobre a crista e fora do corpo da barragem são determinadas as referências de partida e chegada. Posteriormente são realizadas as leituras de vante e ré desde a partida, passando pelos marcos de controle, até a chegada. E por fim são realizados os cálculos para determinação das cotas.

3.2.3. Trilateração e Triangulação

Como podemos ver em Ribeiro (2008) assim como em INCRA (2013), o processo de trilateração, semelhante à triangulação, consiste na obtenção das distâncias entre os vértices intervisíveis de uma rede triangular, porém, se difere do processo de triangulação visto que neste segundo método são obtidos os ângulos dos triângulos, ao invés dos lados.

Posteriormente com a inserção de novos sistemas de posicionamento, criados por outros países, passou-se a chamar esse conjunto de GNSS (Global Navigation Satellite Systems).

De acordo com Lopes (2010) e Delazari (2005), este sistema é baseado na medição de tempos de percursos e diferenças de fase de sinais de ondas eletromagnéticas emitidos por diferentes satélites artificiais localizados em orbitas de 2000 a 40000 km de altitude, e engloba os atuais sistemas de navegações disponíveis no mundo: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou. Estes sistemas foram desenvolvidos para uso militar, com exceção do Galileo, porém, gradativamente foram incrementados à sociedade para uso civil.

O Quadro 1 a seguir descreve as principais características dos atuais sistemas de posicionamentos:

Quadro 1 - Características dos sistemas de posicionamentos globais

Sistemas de posicionamento	Sistema de referência	Altitude	Planos Orbitais	Número de Satélite	Ângulos inclinação	Período Orbital
GPS	WGS 84	20200 km	6	32	55°	12 horas
GLONASS	PZ-90	19100 km	3	27	64,8°	11h 15min
Galileo	GTRF	23222 km	3	18	56°	14h 4min
BeiDou	CGCS2000	24100 km	3	17	55°	12 horas

Fonte: - Adaptado de Monico, 2008

O sistema GPS é atualmente, o maior e mais completo sistema de posicionamento por satélite em atividade, e o presente trabalho baseia-se praticamente nesta tecnologia.

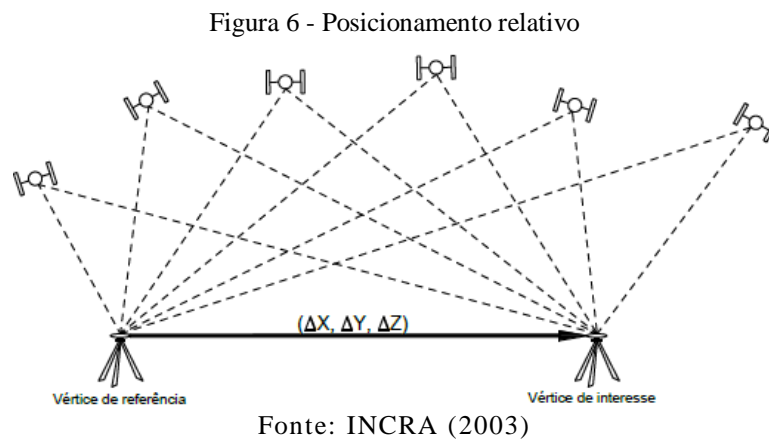
3.4.MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

O posicionamento por GNSS pode ser feito por diferentes métodos e procedimentos, porém, deve-se adotar uma referência para sua metodologia. O INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, disponibiliza o Manual Técnico de Posicionamento, onde constam as diretrizes para um correto levantamento e posicionamento com GNSS.

3.4.1. Posicionamento Relativo

Segundo o Manual Técnico de Posicionamento, este método é caracterizado pela determinação das coordenadas dos vértices de interesse a partir de um ou mais vértices de

coordenadas conhecidas. Sendo necessário dois ou mais receptores GNSS coletando dados simultaneamente, onde ao menos um dos receptores ocupem o vértice de interesse (INCRA, 2013).



3.4.2. Posicionamento relativo estático

Neste procedimento, os receptores dos vértices de referência quanto os receptores dos vértices de interesse devem permanecer estáticos durante todo o levantamento. A sessão de rastreamento é determinada pela distância em linha reta (linhas de base) entre os receptores de referência e os receptores estacionados no ponto de interesse. Tem-se como diretriz das características técnicas de posicionamento a Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 - Características técnicas para posicionamento relativo estático

Linha de Base (km)	Tempo Mínimo (min.)	Observáveis	Solução da Ambiguidade	Efemérides
0 – 10	20	L1 ou L1/L1	Fixa	Transmitidas ou Precisas
10 – 20	30	L1/L2	Fixa	Transmitidas ou Precisas
10 – 20	60	L1	Fixa	Transmitidas ou Precisas
20 – 100	120	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Transmitidas ou Precisas
100 – 500	240	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Precisas
500 – 1000	480	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Precisas

Fonte: INCRA (2013)

3.5.REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO

A primeira etapa num projeto de monitoramento consiste na escolha e materialização de uma rede geodésica de monitoramento de forma que se torne referência fixa na determinação da movimentação de obras de engenharia. Dessa forma essa seção trata de conceitos sobre estabelecimento e implantação de uma rede geodésica de monitoramento.

3.5.1. Tipos de rede de monitoramento

Entende-se que, por definição, uma rede geodésica é um conjunto de pontos monumentados sobre um determinado trecho da superfície que possuem suas posições referenciadas a um sistema de coordenadas escolhido.

Em Chrzanowski (1990), é visto que existem dois tipos básicos de redes geodésicas utilizadas para monitorar tanto estruturas de engenharia quanto movimentos tectônicos: redes absolutas e redes relativas.

São consideradas redes absolutas aquelas que possuem pontos fora do objeto de estudo, servindo como referência para a determinação de deslocamentos absolutos dos pontos-objeto, que são os pontos localizados sobre as estruturas. São as mais comuns no monitoramento de barragem. Já as redes relativas, possuem todos os pontos localizados no objeto de estudo (CHRZANOWSKI, 1990).

Kahmen e Faig (1988) ressaltam que os métodos geodésicos são utilizados para determinar os movimentos absolutos, enquanto os métodos geotécnicos determinam movimentos relativos.

3.5.2. Projeto de rede de monitoramento

De acordo com a ASCE (2000), critérios devem ser observados para a definição do *layout* da rede geodésica, sendo alguns destes critérios:

- Geometria da estrutura a ser monitorada;
- Método de levantamento e equipamentos a serem utilizados;
- Tipo de monumentação;
- Localização de terrenos estáveis, entre outros.

Ribeiro (2008), também ressalta que a distância e visibilidade entre os pontos são requisitos relevantes para casos nos quais serão utilizadas estações totais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este tópico descreve o método a ser utilizado para atingir os objetivos desta pesquisa, assim como os materiais utilizados em todo processo. Foram utilizados conceitos de implantação de rede geodésica de monitoramento, materialização dos pilares geodésicos, posicionamento GNSS para fins de monitoramento de estruturas.

4.1.ÁREA DE ESTUDO

Para realização deste trabalho foi definida como área de estudo a barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos. Localizada no município de Itutinga – MG.

Figura 7 - Usina Hidrelétrica de Camargos - Itutinga - MG



Fonte: Google Earth (2017)

De acordo com dados da CEMIG (2017), a usina hidrelétrica de Camargos está situada no rio Grande, no município de Itutinga, na região do sul de Minas Gerais. Primeira usina da cascata de aproveitamentos hidrelétricos do rio Grande, é operada de forma coordenada com a hidrelétrica de Itutinga, localizada imediatamente a jusante.

Teve seu início de operação em janeiro de 1960. Seu comprimento é de 608m e 36m de altura máxima. Tem capacidade para armazenar 792hm³, atendendo o curso superior do rio Grande. A barragem é do tipo concreto de gravidade.

4.2.MATERIAIS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes materiais relacionados durante as etapas de execução deste trabalho:

- Pilares geodésicos de concreto com pino de centragem forçada
- Receptor GNSS Ashtech Promark 220
 - 45 canais
 - Sinais de satélite
 - GPS: L1/L2
 - GLONAS: L1/L2
 - SBAS: WAAS/EGNOS/MSAS
 - Precisão
 - H: 0,005m+1ppm
 - V: 0,010m+2ppm
- Receptor GNSS Leica VIVA GS15
 - 120 canais
 - Sinais de satélite
 - GPS: L1, L2
 - GLONAS: L1, L2
 - Precisão:
 - H: 0,003m+0,5ppm
 - V: 0,005m+0,5ppm
- Bases nivelantes
- Extensores verticais
- Trena

- Mini-prismas
- Estação total Topcon
- Software GNSS Solutions 3.80.8
- Software DataGeosis Office 7.5.10

4.3.IMPLANTAÇÃO DOS PILARES

Conforme rege a norma de Padronização de Marcos Geodésicos, propostos pelo IBGE (2008), encontrada no Anexo 2, foram implantados na região da barragem 3 pilares de concreto com chapa incrustada em seu topo com dispositivo de centragem forçada.

Os pilares foram distribuídos na barragem visando uma melhor disposição abrangendo toda a área, visando a intervisibilidade entre os mesmos, facilidade de acesso e construídos em terreno não sujeitos a erosão e deslocamentos.

A Figura 8 a seguir indica a distribuição dos pilares na área da barragem, onde cada vértice do triângulo representa um dos pilares com sua respectiva numeração adotada.

Figura 8 - Distribuição dos pilares geodésicos de monitoramento



Fonte: João Reberte - Imagens Aéreas (2017)

Como mostram as figuras a seguir, foi realizado todo o processo de implantação dos pilares, desde a escavação, utilizando enxadas e cavadeiras de mão, implantação das ferragens, até o preenchimento com concreto.

Figura 9 - Implantação dos pilares (Escavação)



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 10 - Implantação dos pilares (Ferragem)



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 11 - Implantação dos pilares (Preenchimento com concreto)



Fonte: Elaborada pelos autores

4.4.IMPLANTAÇÃO DE POLIGONAL COM ESTAÇÃO TOTAL

Antecedendo o procedimento de coleta de dados com os receptores GNSS, foi realizada a implantação de uma poligonal topográfica sobre os pilares, utilizando estação total, com parceria com o discente Gabriel de Souza Oliveira como parte de seu projeto de pesquisa “IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO NA USINA HIDRELÉTRICA DE CAMARGOS”.

Foram também realizadas visadas em posição direta (PD) e inversa (PI) dos pontos distribuídos sobre a crista para determinação de suas coordenadas, para que pudessem ser utilizadas como referências na análise de coordenadas obtidas em diferentes campanhas com o posicionamento por GNSS.

Utilizando o software DataGeosis Office, foi efetuado o cálculo e ajustamento da poligonal e foram obtidas as coordenadas dos pontos sobre situados sobre a crista referenciados ao sistema de coordenadas topográficas local.

4.5.CAMPANHAS DE MONITORAMENTO

Foram realizadas 3 campanhas, nos dias 2 e 23 de agosto e 14 de setembro de 2017, nas quais foi feito o transporte de coordenadas para os pilares, sendo este processo feito de dois a dois pilares por campanha (1 e 2, 2 e 3, 1 e 3) devido a disposição de apenas duas bases nivelantes necessárias para a instalação do aparelho receptor.

Foi realizado o rastreamento de 10 pontos distribuídos estrategicamente ao longo da crista da barragem, localizados entre as juntas de dilatação da estrutura, sendo a posição mais viável para a coleta de informações de deslocamento da estrutura, conforme a Figura a seguir:

Figura 12 - Distribuição dos pontos sobre a crista da barragem



Fonte: João Reberte - Imagens Aéreas (2017)

Para a coleta dos dados dos pontos posicionados sobre a crista da barragem, foram anteriormente inseridas chapas de ferro, na estrutura nos locais dos pontos determinados, permitindo a instalação da antena dos receptores GNSS em cada ponto de interesse.

Figura 13 - Chapa de ferro inserida na crista da barragem



Fonte: Elaborado pelos autores

As campanhas tiveram por objetivo a determinação de coordenadas tanto dos pilares quanto dos pontos ao longo da crista. Dessa forma, ao realizar as 3 campanhas seria possível fazer a análise das coordenadas determinadas em cada campanha, permitindo a verificação do deslocamento destes pontos, conseqüentemente, o deslocamento da barragem.

4.5.1. Coleta com receptores GNSS

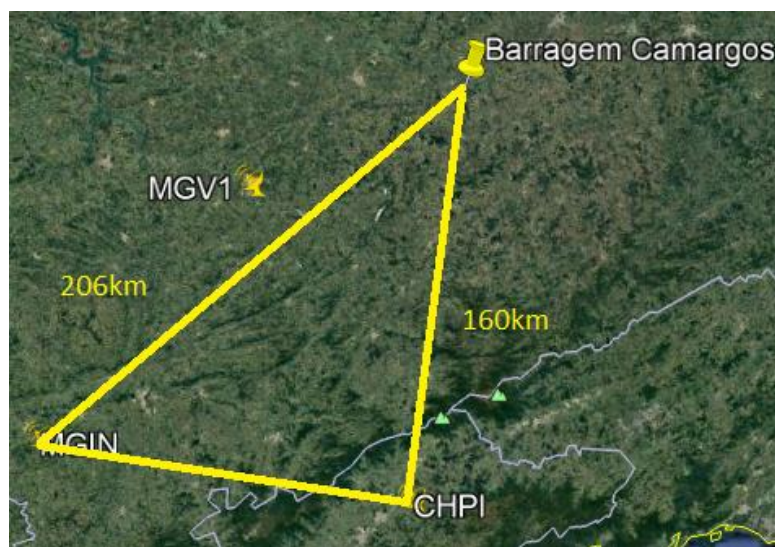
Devido à distância do local até as estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS – RBMC mais próximas, para se obter o transporte de coordenadas para os pilares foi efetuada, em cada campanha, a coleta de dados com os receptores GNSS Leica Viva GS15 associados a uma base nivelante, posicionados sobre os pilares, conforme a Figura 19, por um período mínimo de 4 horas, caracterizando o método de levantamento estático pós-processado.

A escolha do tempo de coleta foi feita de acordo com INCRA (2013), o qual sugere 240 minutos (4 horas) para linhas entre 100 e 500 km.

As estações RBMC mais próximas, formando a melhor triangulação para o transporte de coordenadas para os pilares são de Inconfidentes – MG e Cachoeira Paulista – SP, as quais se encontram a uma distância de aproximadamente 206km e 160km respectivamente.

A estação MGV1, localizada em Varginha – MG, apesar de estar mais próxima da área de estudo, apresentou problemas em seus dados durante o período das campanhas, por isso foi descartada sua utilização para o transporte de coordenadas.

Figura 14 - Distância entre rede implantada e estações RBMC



Fonte: Adaptado do Google Earth (2017)

Figura 15 - Base Leica Viva GS15 posicionada no pilar 2



Fonte: Elaborada pelos autores

O quadro a seguir relaciona as campanhas realizadas com os pilares utilizados:

Quadro 3 – Divisão das campanhas de monitoramento

Data	Campanha	Pilares	Taxa de gravação	Tempo mínimo de ocupação (INCRA)
02/08/2017	A	2	1s	4h
		3		
23/08/2017	B	1	1s	
		2		
14/09/2017	C	1	1s	
		3		

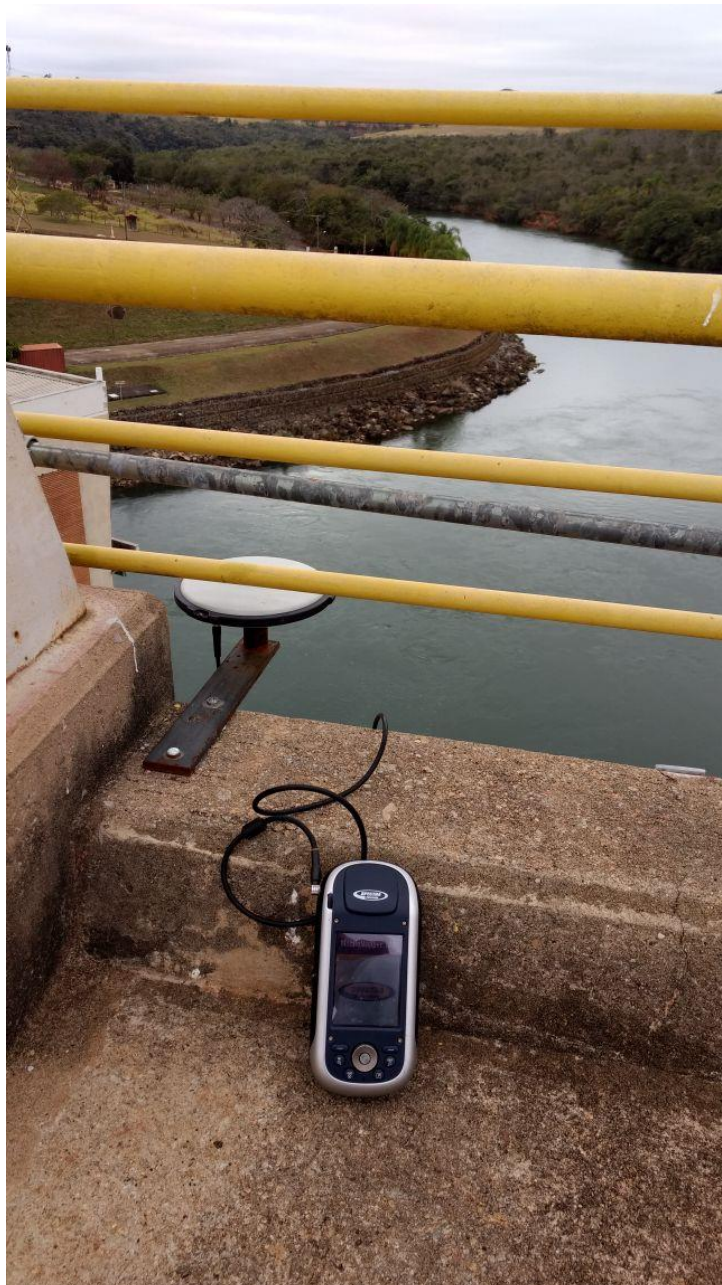
Fonte: Elaborado pelos autores

A coleta de dados dos 10 pontos distribuídos ao longo da barragem foi efetuada, em cada campanha, por um período mínimo de 30 minutos para cada ponto, também caracterizando o método de levantamento estático pós-processado. Durante o rastreamento dos pontos 09 e 10 foi necessária a utilização de extensores, devido ao conflito da antena do receptor com a grade

de segurança da barragem. Para o ponto 09 foi utilizado um extensor vertical de 7,4cm e para o ponto 10 foi utilizado um de 7,4cm adicionando um mini extensor vertical de 2cm.

Para os pontos da crista foram utilizados os receptores GNSS Ashtech Promark 220, posicionados conforma a Figura 16 a seguir:

Figura 16 - Ashtech Promark 220 posicionado na crista da barragem



Fonte: Elaborada pelos autores

4.6.PROCESSAMENTO DOS DADOS

Concluída a etapa de coleta de dados em campo, realizou-se o processamento dos dados em escritório com auxílio do software GNSS Solutions 3.8.80 e a ferramenta Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) disponibilizada pelo IBGE através do link <<http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>>. Os processamentos foram realizados para cada campanha independente.

A etapa do processamento consiste na obtenção das coordenadas corrigidas do transporte de coordenadas realizado para os pilares utilizados em cada campanha e dos pontos rastreados sobre a crista da barragem.

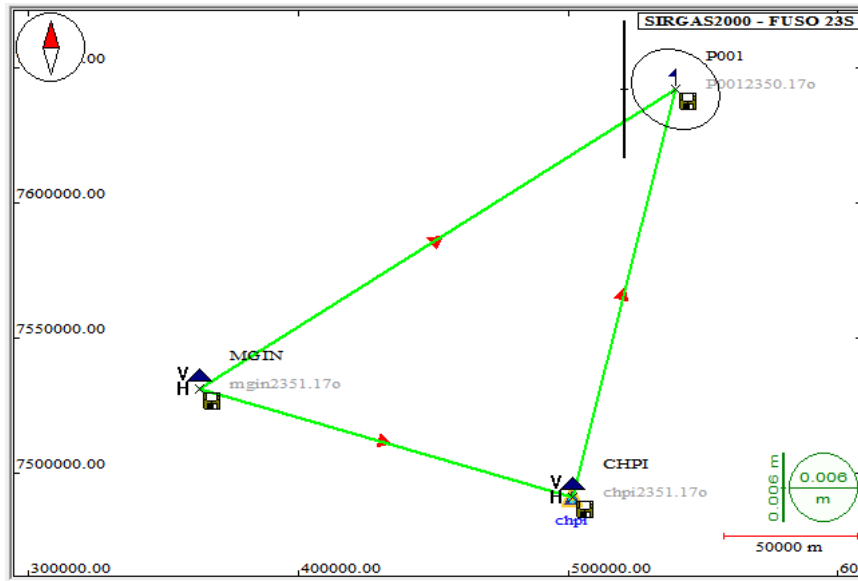
A fim de avaliar o melhor método de processamento de dados, utilizou-se dois tipos de processamento para os pontos situados sobre a crista da barragem. Um deles utilizando apenas um pilar de referências para os dez pontos (vetores radiais), e o outro utilizando dois pilares de referência, porém determinando individualmente a coordenada de cada ponto.

4.6.1. Processamento dos pilares com GNSS Solutions 3.8.80

Para o transporte de coordenadas dos pilares foram utilizadas duas estações de monitoramento contínuo como referência, sendo estas denominadas: **MGIN** localizado em Inconfidentes – MG e **CHPI** localizado em Cachoeira Paulista – SP. Os dados das estações de referência foram obtidos no site do IBGE, referente a cada data de coleta.

Utilizou-se também, as efemérides precisas fornecidas pelo IGS, disponíveis no site GNSS Calendar (<http://www.gnsscalendar.com/>), entretanto, para o processamento dos dados da última campanha não foi possível a utilização de efemérides precisas finais devido ao tempo até que sejam disponibilizadas. Sendo assim, foram utilizadas efemérides precisas em sua primeira correção (*rapid orbit*).

Figura 17 - Processamento do pilar 01 no GNSS Solutions



Fonte: GNSS Solutions 3.80.8

4.6.2. Processamento dos pilares com PPP

Utilizando a ferramenta disponibilizada pelo IBGE de Posicionamento Por Ponto Preciso foi realizado o processamento dos dados dos pilares. Foram determinadas as coordenadas por um método alternativo a fim de validar as coordenadas obtidas pelo software GNSS Solutions, assumindo assim o PPP como coordenadas de referência devido a confiabilidade de dados, pois o tempo de coleta ter sido suficiente (superior a 4horas).

Figura 18 - Posicionamento por Ponto Preciso pelo site do IBGE

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão | Destaques do governo

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

!!ALERTA!! A partir do dia 07/04/2017 substituição da versão CSRS-PPP 1.05/34613 pela 1.05/11216 !!ALERTA!!
!!ALERTA!! [Para maiores informações clique aqui](#) !!ALERTA!!

Seja um colaborador do Sistema Geodésico Brasileiro!
Prezado usuário, caso tenha feito o levantamento em uma estação geodésica do IBGE (VT, RN ou SAT), a sua colaboração será de grande valia para a atualização das informações do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, fornecendo-nos o código estampado na chapa da estação no campo abaixo: (por exemplo: 1120R)
 Esta opção não é obrigatória. Caso não esteja fazendo o levantamento em um marco do SGB deixe em branco.

Selecione um arquivo RINEX: Nenhum arqui... selecionado

Selecione o Modo de Processamento:
 Estático Cinemático

OS VALORES SELECIONADOS AQUI SERÃO ADOTADOS PARA TODOS OS RINEX QUE ESTEJAM COMPRIMIDOS EM UM ÚNICO ARQUIVO.

Tipo de Antena:

Altura da antena (m): O valor para altura da antena somente será adotado se esta caixa estiver marcada.

Fonte: IBGE (2017)

Os dados coletados em campo foram enviados ao IBGE. Foram inseridas as informações do tipo de antena utilizada e suas respectivas alturas. E assim foram retornados os resultados e relatórios de processamento, que estão disponíveis em anexo.

4.6.3. Processamento dos pontos da crista

Foram determinadas as coordenadas dos pontos situados sobre a crista da barragem utilizando apenas um pilar de referências para os dez pontos (vetores radiais).

Quadro 4 - Processamento primeira campanha com pilar individual

Data	Pilares	Pontos na Crista
02/08/2017	2	1-10
	3	1-10

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 5 - Processamento segunda campanha com pilar individual

Data	Pilares	Pontos na Crista
23/08/2017	1	1-10
	2	1-10

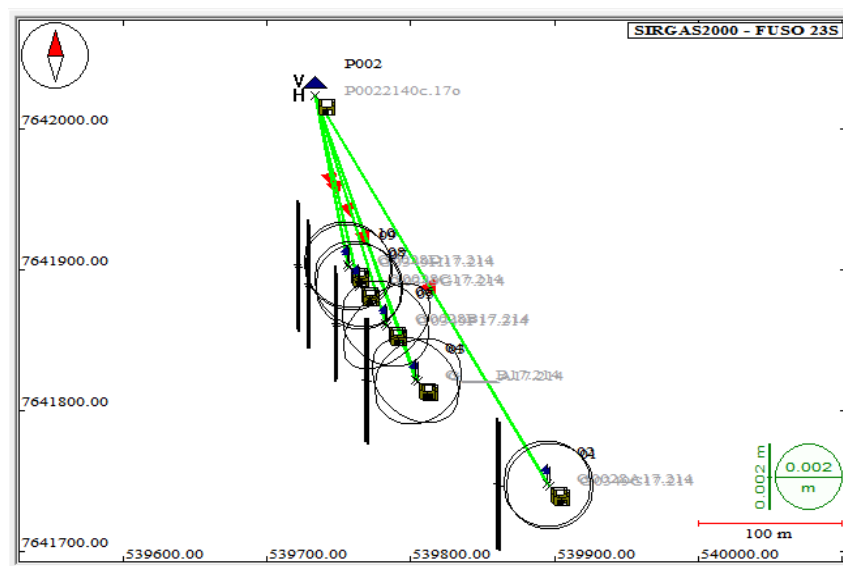
Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 6 - Processamento terceira campanha individual

Data	Pilares	Pontos na Crista
14/09/2017	1	1-10
	3	1-10

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 19 - Processamento dos pontos da crista com pilar 2 (vetores radiais)



Fonte: GNSS Solutions 3.80.8

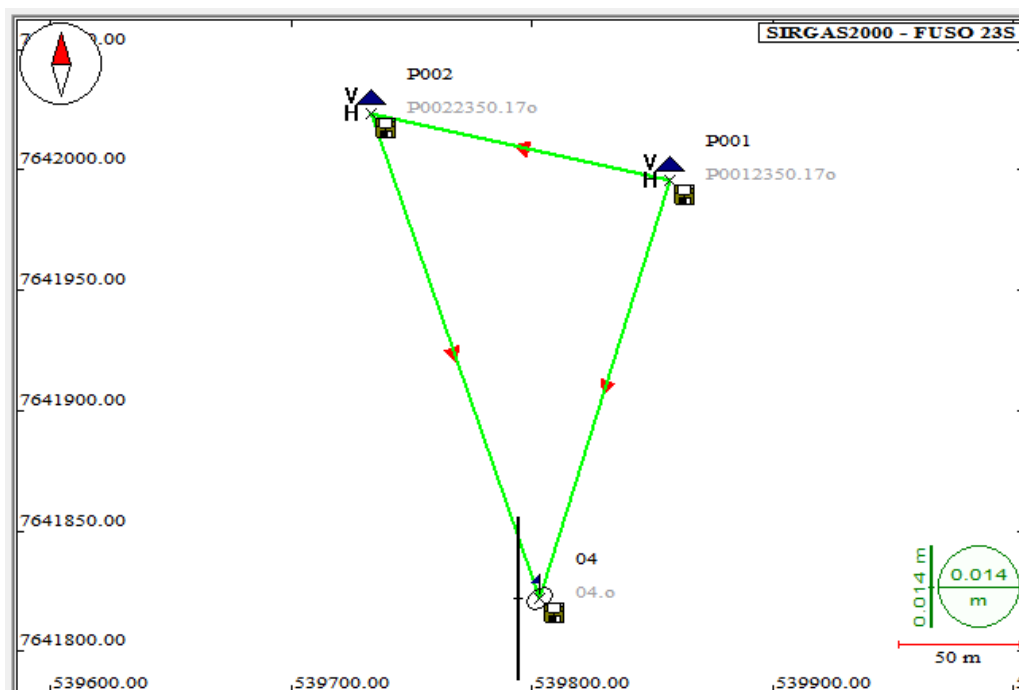
Posteriormente foram processados cada ponto da crista individualmente, tendo como referência o par de pilares do dia da campanha:

Quadro 7 - Processamento campanhas com pares de pilar

Data	Pilares	Pontos na Crista
02/08/2017	2 e 3	1 a 10
23/08/2017	1 e 2	1 a 10
14/09/2017	2 e 3	1 a 10

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 20 - Processamento do ponto 04 com o par de pilares 1 e 2



Fonte: GNSS Solutions 3.80.8

Tendo determinado as coordenadas ao longo da crista da barragem em função de cada pilar de referência foi possível a análise dos resultados em diferentes campanhas.

4.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para análise dos resultados, todas as coordenadas foram transformadas do sistema UTM para o sistema topográfico local, a fim de desconsiderar os efeitos de deformação proporcionados pelo sistema UTM.

A verificação dos resultados obtidos foi feita a partir da diferença entre os resultados obtidos em coordenadas topográficas locais dos pontos processados por GNSS e a

média aritmética das coordenadas topográficas locais obtidas pelo levantamento com estação total a partir dos três pilares.

Também foi comparada a distância entre as antenas colocadas nas estruturas adjacentes da barragem visando avaliar a variação da distância ao longo dos três eixos.

A comparação foi feita para os resultados obtidos por dia de campanha

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. RASTREAMENTO DOS PILARES

O seguinte quadro apresenta o resultado do tempo de coleta dos receptores GNSS sobre os pilares:

Quadro 8 - Tempo de rastreio de cada pilar durante as campanhas

Data	Campanha	Pilares	Taxa de gravação	Tempo de ocupação (h:m:s)
02/08/2017	A	2	1s	04:19:03
		3		04:53:36
23/08/2017	B	1	1s	05:13:34
		2		04:55:17
14/09/2017	C	1	1s	04:14:10
		3		04:04:24

5.2.COORDENADAS DOS PILARES

Foram obtidas as seguintes coordenadas para os pilares a partir do rastreamento com GNSS:

Tabela 1 - Coordenadas em UTM dos pilares processados com GNSS Solutions

Coordenadas UTM							
Campanha	Pilar	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
A	2	539733,120	0,003	7642023,169	0,003	911,058	0,004
	3	539988,466	0,003	7641748,423	0,003	896,252	0,005
B	1	539857,336	0,004	7641995,736	0,004	896,363	0,006
	2	539733,128	0,005	7642023,168	0,005	911,083	0,009
C	1	539857,333	0,007	7641995,724	0,007	896,412	0,012
	3	539988,481	0,007	7641748,416	0,007	896,313	0,035

Com o auxílio do software DataGeosis Office, foram obtidas as seguintes coordenadas dos pilares no sistema topográfico local:

Tabela 2 - Coordenadas topográficas locais dos pilares

Coordenadas Topográficas				
Pilares	X(m)	Y(m)	DX(m)	DY(m)
1	150000,000	250000,000		
1	149999,997	249999,988	0,003	0,012
2	149875,652	250027,144		
2	149875,66	250027,143	-0,008	0,001
3	150131,802	249752,879		
3	150131,817	249752,872	-0,015	0,007

Com o retorno do PPP do IBGE foram obtidas as seguintes coordenadas para os pilares:

Tabela 3 - Coordenadas dos pilares obtidas por PPP

Campanha	Pilar	Altura	Coordenadas - Posicionamento Por Ponto Preciso					
			E(m)	σE	N(m)	σN	H(m)	σh
A	2	0,082	539733,129	0,009	7642023,182	0,009	911,080	0,010
	3	0,201	539988,474	0,009	7641748,428	0,009	896,240	0,010
B	1	0,201	539857,333	0,009	7641995,735	0,009	896,360	0,010
	2	0,087	539733,114	0,009	7642023,170	0,009	911,080	0,010
C	1	0,201	539857,342	0,009	7641995,729	0,009	896,310	0,010
	3	0,086	539988,483	0,009	7641748,418	0,009	896,270	0,010

Tabela 4 - Coordenadas dos pilares obtidas por PPP convertidas em topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais				
Campanha	Pilar	X(m)	Y(m)	Z(m)
A	2	149875,672	250027,156	911,080
	3	150131,804	249752,900	896,240
B	1	150000,000	250000,000	896,360
	2	149875,657	250027,144	911,080
C	1	150000,009	249999,994	896,310
	3	150131,813	249752,890	896,270

A tabela a seguir apresenta a pouca significância da diferença entre as coordenadas dos pilares obtidas a partir do processamento utilizando o *software* GNSS Solutions e as coordenadas obtidas com o PPP.

Tabela 5 - Diferença entre as coordenadas obtidas pelo processamento com GNSS Solutions e obtidas pelo PPP

Pilares		Coordenadas Topográficas			
GNSS	PPP	X(m)	Y(m)	DX(m)	DY(m)
1		150000,000	250000,000		
	1	150000,000	250000,000	0,000	0,000
2		149875,652	250027,144		
	2	149875,672	250027,156	-0,020	-0,012
3		150131,802	249752,879		
	3	150131,804	249752,900	-0,002	-0,021

5.3.COORDENADAS OBTIDAS COM ESTAÇÃO TOTAL

Agora serão exibidas as tabelas com coordenadas obtidas com estação total referente aos pontos localizados sobre a crista da barragem.

Com o processamento da poligonal implantada, utilizando como referência as coordenadas obtidas com o PPP, obteve-se as coordenadas dos pontos sobre a crista, como pode ser visto na tabela a seguir:

Tabela 6 - Coordenadas obtidas com estação total em topográficas locais a partir do pilar 1

Coordenadas estação total em topográficas locais						
Estação	Ré	Vante	Ponto	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	3	2	1	150040,286	249751,258	912,112
			2	150038,655	249752,535	912,119
			3	149947,910	249824,811	912,119
			4	149946,429	249826,312	912,130
			5	149926,205	249864,012	912,133
			6	149925,262	249865,778	912,135
			7	149907,290	249892,444	912,111
			8	149906,335	249894,246	912,113
			9	149900,252	249905,705	912,128
			10	149899,294	249907,505	912,119

Tabela 7 - Coordenadas obtidas com estação total em topográficas locais a partir do pilar 2

Coordenadas estação total em topográficas locais						
Estação	Ré	Vante	Ponto	X(m)	Y(m)	Z(m)
2	1	3	1	150040,289	249751,251	912,102
			2	150038,653	249752,525	912,095
			3	149947,901	249824,806	912,118
			4	149946,426	249826,308	912,126
			5	149926,192	249864,014	912,132
			6	149925,247	249865,776	912,133
			7	149907,276	249892,451	912,110
			8	149906,319	249894,252	912,113
			9	149900,242	249905,714	912,129
			10	149899,283	249907,515	912,121

Tabela 8 - Coordenadas obtidas com estação total em topográficas locais a partir do pilar 3

Coordenadas estação total em topográficas locais						
Estação	Ré	Vante	Ponto	X(m)	Y(m)	Z(m)
3	2	1	1	150040,316	249751,248	912,082
			2	150038,684	249752,521	912,088
			3	149947,925	249824,784	912,096
			4	149946,447	249826,292	912,104
			5	149926,214	249863,990	912,108
			6	149925,270	249865,753	912,112
			7	149907,293	249892,427	912,082
			8	149906,337	249894,230	912,086
			9	149900,252	249905,691	912,103
			10	149899,297	249907,494	912,093

A seguir serão exibidas as coordenadas tomadas como referência para determinação das coordenadas dos pontos situados sobre a crista da barragem. Vale ressaltar que se tratam da média das coordenadas obtidas com a estação total posicionada nos três pilares de referência.

Tabela 9 - Média das coordenadas topográficas locais obtidas com a estação

Média das coordenadas obtidas com a estação total em topográficas locais			
Ponto	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2970	249751,2523	912,0987
2	150038,6640	249752,5270	912,1007
3	149947,9120	249824,8003	912,1110
4	149946,4340	249826,3040	912,1200
5	149926,2037	249864,0053	912,1243
6	149925,2597	249865,7690	912,1267
7	149907,2863	249892,4407	912,1010
8	149906,3303	249894,2427	912,1040
9	149900,2487	249905,7033	912,1200
10	149899,2913	249907,5047	912,1110

5.4.COORDENADAS DOS PONTOS DE CRISTA

Agora serão apresentadas as tabelas com coordenadas no sistema UTM e no sistema topográfico local, obtidas com os receptores GNSS referente aos pontos localizados sobre a crista da barragem.

Para o processamento dos pontos da crista utilizando como referência cada pilar individualmente, adotando para os pilares as respectivas coordenadas obtidas por PPP, foram obtidos os seguintes resultados:

- Campanha A:

Tabela 10 - Pontos da campanha A processados com pilar 2 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9950	0,0010	7641747,0030	0,0010	912,1370	0,0010
2	539895,3740	0,0010	7641748,2810	0,0010	912,1470	0,0020
3	539804,8330	0,0010	7641820,7460	0,0010	912,1550	0,0010
4	539803,3670	0,0010	7641822,2430	0,0010	912,1310	0,0010
5	539783,2030	0,0010	7641859,9590	0,0010	912,1640	0,0010
6	539782,3000	0,0010	7641861,7380	0,0010	912,1440	0,0010
7	539764,4000	0,0010	7641888,4440	0,0010	912,1110	0,0010
8	539763,4450	0,0010	7641890,2420	0,0010	912,0960	0,0010
9	539757,3780	0,0010	7641901,7230	0,0010	912,1730	0,0010
10	539756,4190	0,0010	7641903,5260	0,0010	912,1350	0,0010
Pilar de referência: P002	539733,1290	0,0000	7642023,1820	0,0000	911,0800	0,0000

Tabela 11 - Pontos da campanha A processados com pilar 2 em coordenadas topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2870	249751,2510	912,1370
2	150038,6620	249752,5260	912,1470
3	149947,9030	249824,8030	912,1550
4	149946,4330	249826,2970	912,1310
5	149926,1680	249863,9810	912,1640
6	149925,2600	249865,7590	912,1440
7	149907,2860	249892,4330	912,1110
8	149906,3270	249894,2300	912,0960
9	149900,2290	249905,7010	912,1730
10	149899,2650	249907,5030	912,1350
Pilar de referência: P002	149875,6720	250027,1560	911,0800

Tabela 12 - Pontos da campanha A processados com pilar 3 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9950	0,0010	7641747,0010	0,0010	912,0960	0,0020
2	539895,3710	0,0010	7641748,2780	0,0010	912,0910	0,0010
3	539804,8310	0,0010	7641820,7440	0,0010	912,1060	0,0010
4	539803,3670	0,0010	7641822,2440	0,0010	912,0910	0,0010
5	539784,4650	0,0010	7641859,9680	0,0010	910,8200	0,0010
6	539782,3030	0,0010	7641861,7360	0,0010	912,0860	0,0010
7	539764,3940	0,0010	7641888,4450	0,0010	912,0720	0,0010
8	539763,4420	0,0010	7641890,2430	0,0010	912,0590	0,0010
9	539757,3750	0,0010	7641901,7230	0,0010	912,1300	0,0010
10	539756,4180	0,0010	7641903,5220	0,0010	912,1080	0,0010
Pilar de referência: P003	539988,4740	0,0000	7641748,4280	0,0000	896,2400	0,0000

Tabela 13 - Pontos da campanha A processados com pilar 3 em coordenadas topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2870	249751,2490	912,0960
2	150038,6590	249752,5230	912,0910
3	149947,9010	249824,8010	912,1060
4	149946,4330	249826,2980	912,0910
5	149927,4300	249863,9930	910,8200
6	149925,2630	249865,7570	912,0860
7	149907,2800	249892,4340	912,0720
8	149906,3240	249894,2310	912,0590
9	149900,2260	249905,7010	912,1300
10	149899,2640	249907,4990	912,1080
Pilar de referência: P003	150131,8040	249752,9000	896,2400

- Campanha B

Tabela 14 - Pontos da campanha B processados com pilar 1 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9870	0,0010	7641747,0020	0,0010	912,1200	0,0010
2	539895,3640	0,0010	7641748,2770	0,0010	912,1220	0,0010
3	539804,8260	0,0010	7641820,7390	0,0010	912,1350	0,0010
4	539803,3600	0,0010	7641822,2500	0,0010	912,1600	0,0010
5	539783,2100	0,0010	7641859,9630	0,0010	912,1690	0,0010
6	539782,3000	0,0010	7641861,7530	0,0010	912,1440	0,0010
7	539764,3860	0,0010	7641888,4440	0,0010	912,1370	0,0010
8	539763,4370	0,0010	7641890,2410	0,0010	912,1360	0,0010
9	539757,3810	0,0010	7641901,7180	0,0010	912,1350	0,0010
10	539756,6110	0,0010	7641903,3450	0,0010	912,1530	0,0020
Pilar de referência: P001	539857,3330	0,0000	7641995,7350	0,0000	896,3600	0,0000

Tabela 15 - Pontos da campanha B processados com pilar 1 em coordenadas topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2790	249751,2500	912,1200
2	150038,6520	249752,5220	912,1220
3	149947,8960	249824,7960	912,1350
4	149946,4260	249826,3040	912,1600
5	149926,1750	249863,9850	912,1690
6	149925,2600	249865,7740	912,1440
7	149907,2720	249892,4330	912,1370
8	149906,3190	249894,2290	912,1360
9	149900,2320	249905,6960	912,1350
10	149899,3280	249907,4520	912,1530
Pilar de referência: P001	150000,0000	250000,0000	896,3600

Tabela 16 - Pontos da campanha B processados com pilar 2 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9880	0,0010	7641747,0020	0,0010	912,1270	0,0010
2	539895,3670	0,0010	7641748,2770	0,0010	912,1380	0,0010
3	539804,8250	0,0010	7641820,7410	0,0010	912,1420	0,0010
4	539803,3660	0,0010	7641822,2480	0,0010	912,1720	0,0010
5	539783,2400	0,0010	7641859,9750	0,0010	912,1790	0,0010
6	539782,2650	0,0010	7641861,7100	0,0010	912,1880	0,0010
7	539764,3910	0,0010	7641888,4470	0,0010	912,1580	0,0010
8	539763,4380	0,0010	7641890,2460	0,0010	912,1430	0,0010
9	539757,3820	0,0010	7641901,7220	0,0010	912,1520	0,0010
10	539756,4260	0,0020	7641903,5230	0,0020	912,1650	0,0060
Pilar de referência: P002	539733,1290	0,0000	7642023,1820	0,0000	911,0800	0,0000

Tabela 17 - Pontos da campanha B processados com pilar 2 em coordenadas topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2800	249751,2500	912,1270
2	150038,6550	249752,5220	912,1380
3	149947,8950	249824,7980	912,1420
4	149946,4320	249826,3020	912,1720
5	149926,2050	249863,9970	912,1790
6	149925,2250	249865,7310	912,1880
7	149907,2770	249892,4360	912,1580
8	149906,3200	249894,2340	912,1430
9	149900,2330	249905,7000	912,1520
10	149899,2720	249907,5000	912,1650
Pilar de referência: P002	149875,6720	250027,1560	911,0800

- Campanha C

Tabela 18 - Pontos da campanha C processados com pilar 1 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9980	0,0010	7641746,9950	0,0010	912,1400	0,0010
2	539895,3770	0,0010	7641748,2700	0,0010	912,1310	0,0010
3	539804,8370	0,0010	7641820,7380	0,0010	912,1500	0,0020
4	539803,3620	0,0010	7641822,2530	0,0010	912,1290	0,0020
5	539783,2580	0,0010	7641859,9830	0,0010	912,1640	0,0020
6	539782,3050	0,0010	7641861,7500	0,0010	912,1620	0,0010
7	539764,3870	0,0010	7641888,4480	0,0010	912,1160	0,0010
8	539763,4170	0,0010	7641890,2700	0,0010	912,1260	0,0010
9	539757,3750	0,0010	7641901,7060	0,0010	912,1230	0,0010
10	539756,4150	0,0010	7641903,5210	0,0010	912,1050	0,0010
Pilar de referência: P001	539857,3330	0,0000	7641995,7350	0,0000	896,3600	0,0000

Tabela 19 - Pontos da campanha C processados com pilar 1 em coordenadas topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2900	249751,2430	912,1400
2	150038,6650	249752,5150	912,1310
3	149947,9070	249824,7950	912,1500
4	149946,4280	249826,3070	912,1290
5	149926,2220	249864,0050	912,1640
6	149925,2650	249865,7710	912,1620
7	149907,2730	249892,4370	912,1160
8	149906,2990	249894,2580	912,1260
9	149900,2260	249905,6840	912,1230
10	149899,2610	249907,4980	912,1050
Pilar de referência: P001	150000,0000	250000,0000	896,3600

Tabela 20 - Pontos da campanha C processados com pilar 3 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9950	0,0010	7641746,9990	0,0010	912,0960	0,0010
2	539895,3710	0,0010	7641748,2720	0,0010	912,0780	0,0010
3	539804,8360	0,0010	7641820,7410	0,0010	912,1060	0,0020
4	539803,3580	0,0010	7641822,2530	0,0010	912,0950	0,0020
5	539783,2180	0,0010	7641859,9710	0,0010	912,0860	0,0020
6	539782,2490	0,0010	7641861,7250	0,0010	912,1090	0,0010
7	539764,3850	0,0010	7641888,4500	0,0010	912,0770	0,0010
8	539763,4160	0,0010	7641890,2720	0,0010	912,0880	0,0010
9	539757,3750	0,0010	7641901,7120	0,0010	912,0800	0,0010
10	539756,4160	0,0010	7641903,5190	0,0010	912,0630	0,0010
Pilar de referência: P003	539988,4740	0,0000	7641748,4280	0,0000	896,2400	0,0000

Tabela 21 - Pontos da campanha C processados com pilar 3 em coordenadas topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2870	249751,2470	912,0960
2	150038,6590	249752,5170	912,0780
3	149947,9060	249824,7980	912,1060
4	149946,4240	249826,3070	912,0950
5	149926,1830	249863,9930	912,0860
6	149925,2090	249865,7460	912,1090
7	149907,2710	249892,4390	912,0770
8	149906,2980	249894,2600	912,0880
9	149900,2260	249905,6900	912,0800
10	149899,2620	249907,4960	912,0630
Pilar de referência: P003	150131,8040	249752,9000	896,2400

Para o processamento dos pontos da crista utilizando como referência os pares de pilar de cada campanha, também adotando para os pilares as respectivas coordenadas obtidas por PPP, foram obtidos os seguintes resultados:

- Campanha A

Tabela 22 - Pontos da campanha A processados com os pilares 2 e 3 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9940	0,0010	7641746,9990	0,0010	912,0950	0,0010
2	539895,3740	0,0010	7641748,2790	0,0020	912,1130	0,0040
3	539804,8330	0,0010	7641820,7450	0,0010	912,1380	0,0010
4	539803,3680	0,0010	7641822,2430	0,0010	912,1210	0,0020
5	539783,8520	0,4380	7641860,1440	0,3920	911,6150	0,6640
6	539782,3020	0,0020	7641861,7370	0,0020	912,1300	0,0040
7	539764,3980	0,0020	7641888,4450	0,0020	912,1080	0,0040
8	539763,4450	0,0010	7641890,2430	0,0020	912,0930	0,0040
9	539757,3770	0,0010	7641901,7230	0,0010	912,1690	0,0020
10	539756,4190	0,0010	7641903,5260	0,0010	912,1330	0,0020
Pilar de referência: P002	539733,129	0,009	7642023,182	0,009	911,080	0,010
Pilar de referência: P003	539988,474	0,009	7641748,428	0,009	896,240	0,010

Tabela 23 - Pontos da campanha A processados com os pilares 2 e 3 em topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2860	249751,2470	912,0950
2	150038,6620	249752,5240	912,1130
3	149947,9030	249824,8020	912,1380
4	149946,4340	249826,2970	912,1210
5	149926,8160	249864,1680	911,6150
6	149925,2620	249865,7580	912,1300
7	149907,2840	249892,4340	912,1080
8	149906,3270	249894,2310	912,0930
9	149900,2280	249905,7010	912,1690
10	149899,2650	249907,5030	912,1330
Pilar de referência: P002	149875,6720	250027,1560	911,0800
Pilar de referência: P003	150131,8040	249752,9000	896,2400

- Campanha B

Tabela 24 - Pontos da campanha B processados com os pilares 1 e 2 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539896,9750	0,0030	7641746,9940	0,0030	912,0150	0,0200
2	539895,3530	0,0020	7641748,2690	0,0020	912,0150	0,0180
3	539804,8130	0,0030	7641820,7340	0,0030	912,0570	0,0210
4	539803,3490	0,0020	7641822,2450	0,0020	912,0540	0,0140
5	539783,2420	0,0190	7641859,9850	0,0160	912,0910	0,1090
6	539782,2790	0,0040	7641861,7260	0,0030	912,1210	0,0200
7	539764,3820	0,0020	7641888,4420	0,0020	912,0730	0,0120
8	539763,4290	0,0030	7641890,2430	0,0020	912,0870	0,0170
9	539757,3810	0,0030	7641901,7200	0,0020	912,1490	0,0040
10	539756,4700	0,0300	7641903,4920	0,0330	912,1480	0,0600
Pilar de referência: P001	539857,333	0,009	7641995,735	0,009	896,360	0,010
Pilar de referência: P002	539733,129	0,009	7642023,182	0,009	911,080	0,010

Tabela 25 - Pontos da campanha B processados com os pilares 1 e 2 em topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2670	249751,2420	912,0150
2	150038,6410	249752,5140	912,0150
3	149947,8830	249824,7910	912,0570
4	149946,4150	249826,2990	912,0540
5	149926,2060	249864,0070	912,0910
6	149925,2390	249865,7470	912,1210
7	149907,2680	249892,4310	912,0730
8	149906,3110	249894,2310	912,0870
9	149900,2320	249905,6980	912,1490
10	149899,3160	249907,4690	912,1480
Pilar de referência: P001	150000,0000	250000,0000	896,3600
Pilar de referência: P002	149875,6720	250027,1560	911,0800

- Campanha C

Tabela 26 - Pontos da campanha C processados com os pilares 1 e 3 em UTM

Coordenadas UTM						
Ponto na Crista	E(m)	σE	N(m)	σN	h(m)	σh
1	539897,0040	0,0030	7641746,9950	0,0030	912,1280	0,0060
2	539895,3740	0,0020	7641748,2660	0,0030	912,0900	0,0060
3	539804,8370	0,0010	7641820,7360	0,0020	912,1180	0,0040
4	539803,3630	0,0010	7641822,2520	0,0020	912,1040	0,0030
5	539783,2390	0,0070	7641859,9660	0,0070	912,1180	0,0140
6	539782,2810	0,0200	7641861,7390	0,0220	912,1380	0,0400
7	539764,3850	0,0010	7641888,4460	0,0010	912,0970	0,0020
8	539763,4150	0,0010	7641890,2680	0,0020	912,1090	0,0030
9	539757,3750	0,0030	7641901,7130	0,0030	912,1520	0,0090
10	539756,4180	0,0010	7641903,5210	0,0020	912,1380	0,0040
Pilar de referência: P001	539857,333	0,009	7641995,735	0,009	896,360	0,010
Pilar de referência: P003	539988,474	0,009	7641748,428	0,009	896,240	0,010

Tabela 27 - Pontos da campanha C processados com os pilares 1 e 3 em topográficas locais

Coordenadas Topográficas Locais			
Ponto na Crista	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	150040,2960	249751,2430	912,1280
2	150038,6620	249752,5110	912,0900
3	149947,9070	249824,7930	912,1180
4	149946,4290	249826,3060	912,1040
5	149926,2040	249863,9880	912,1180
6	149925,2410	249865,7600	912,1380
7	149907,2710	249892,4350	912,0970
8	149906,2970	249894,2560	912,1090
9	149900,2260	249905,6910	912,1520
10	149899,2640	249907,4980	912,1380
Pilar de referência: P001	150000,0000	250000,0000	896,3600
Pilar de referência: P003	150131,8040	249752,9000	896,2400

5.5.ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.5.1. Análise de variação das coordenadas

A comparação das coordenadas foi realizada através da elaboração de gráficos representando a variação entre as coordenadas para cada grupo obtidas com os processamentos em relação às coordenadas obtidas com a estação total.

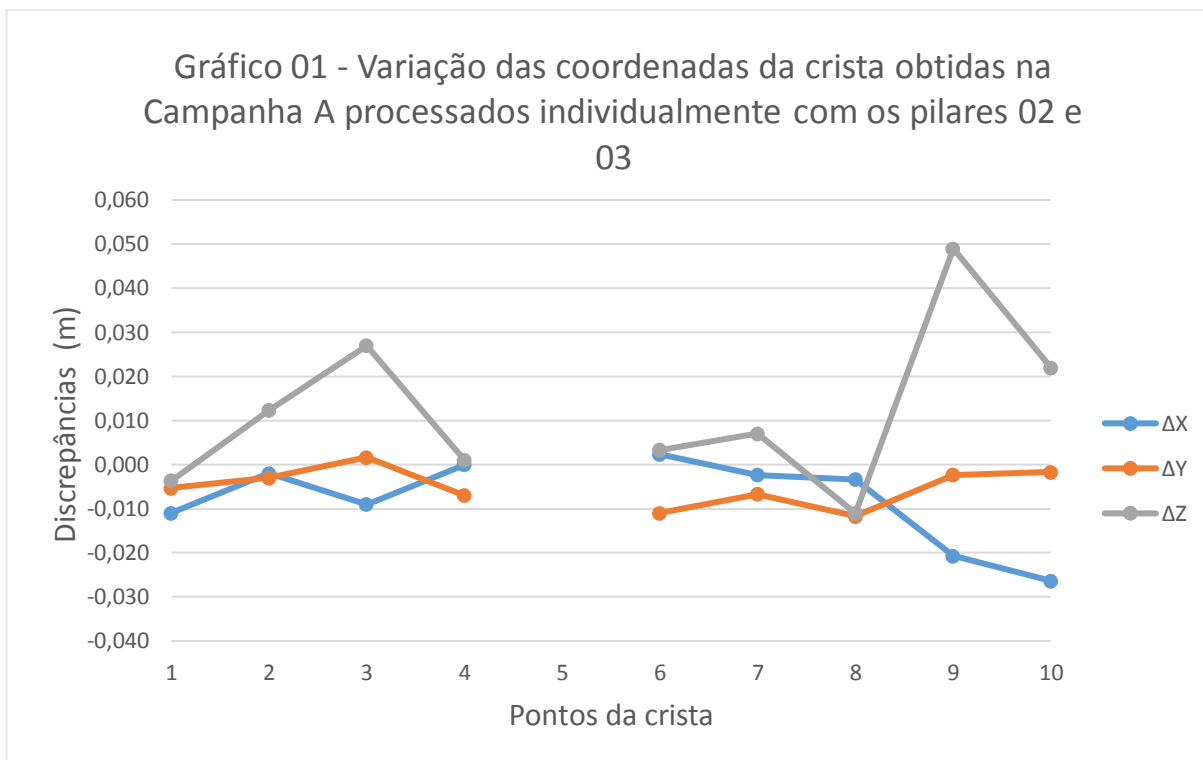
- Campanha A

A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o par de pilares 2 e 3 referentes a campanha A e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Como pode ser visto, o ponto 5 foi removido pois este apresentou erro na fase de processamento, resultando em coordenadas com grande discrepância.

Tabela 28 - Variação das coordenadas obtidas com processamento dos pilares 2 e 3 na primeira campanha

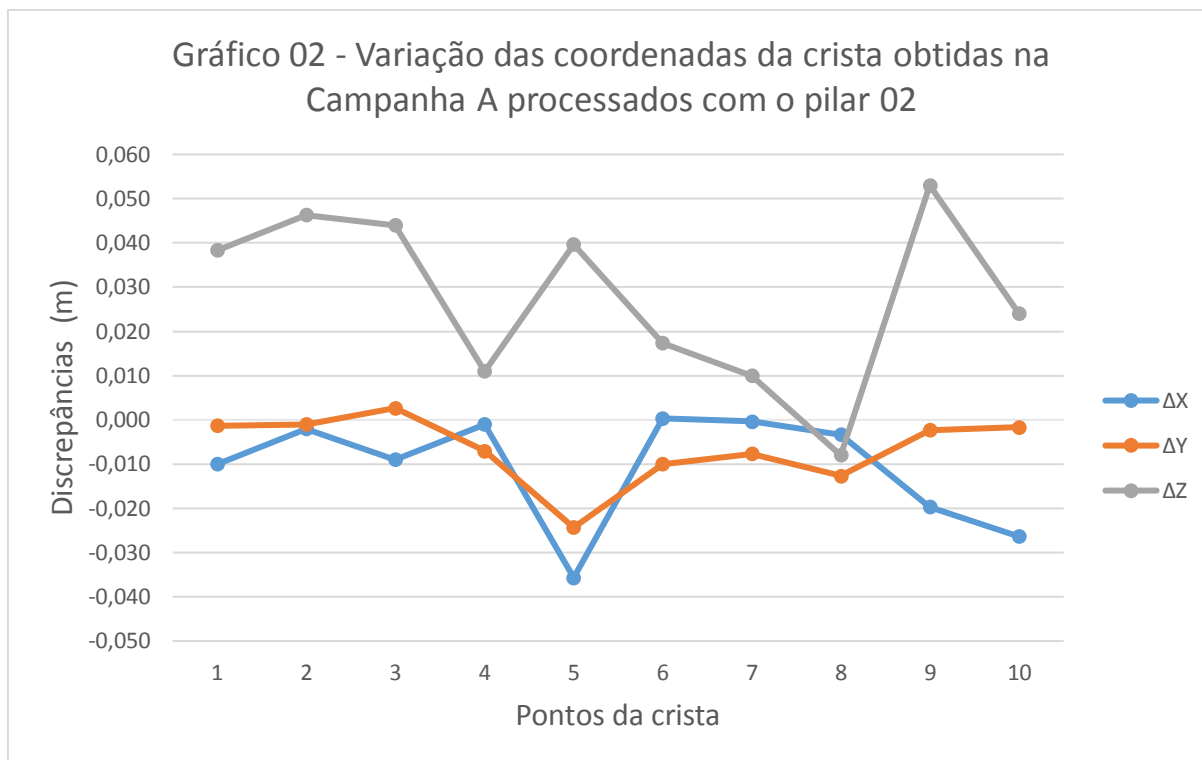
Variação de coordenadas Campanha A- individual			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0110	-0,0053	-0,0037
2	-0,0020	-0,0030	0,0123
3	-0,0090	0,0017	0,0270
4	0,0000	-0,0070	0,0010
5			
6	0,0023	-0,0110	0,0033
7	-0,0023	-0,0067	0,0070
8	-0,0033	-0,0117	-0,0110
9	-0,0207	-0,0023	0,0490
10	-0,0263	-0,0017	0,0220



A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o pilar 2 referentes a campanha A e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 29 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 2 na campanha A

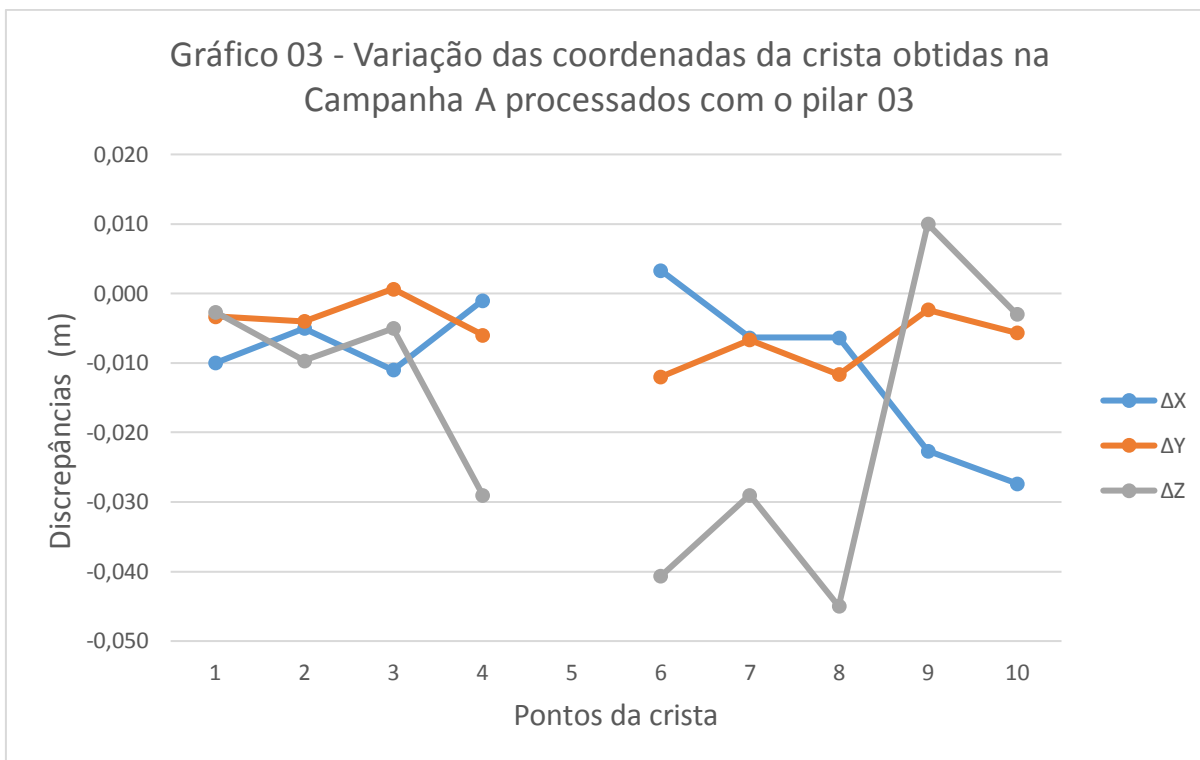
Variação coordenada. Campanha A – Vetores radiais (pilar 02)			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0100	-0,0013	0,0383
2	-0,0020	-0,0010	0,0463
3	-0,0090	0,0027	0,0440
4	-0,0010	-0,0070	0,0110
5	-0,0357	-0,0243	0,0397
6	0,0003	-0,0100	0,0173
7	-0,0003	-0,0077	0,0100
8	-0,0033	-0,0127	-0,0080
9	-0,0197	-0,0023	0,0530
10	-0,0263	-0,0017	0,0240



A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o pilar 3 referentes a campanha A e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 30 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 3 na primeira campanha

Variação coordenadas. Campanha A – Vetores radiais (pilar 3)			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0100	-0,0033	-0,0027
2	-0,0050	-0,0040	-0,0097
3	-0,0110	0,0007	-0,0050
4	-0,0010	-0,0060	-0,0290
5			
6	0,0033	-0,0120	-0,0407
7	-0,0063	-0,0067	-0,0290
8	-0,0063	-0,0117	-0,0450
9	-0,0227	-0,0023	0,0100
10	-0,0273	-0,0057	-0,0030

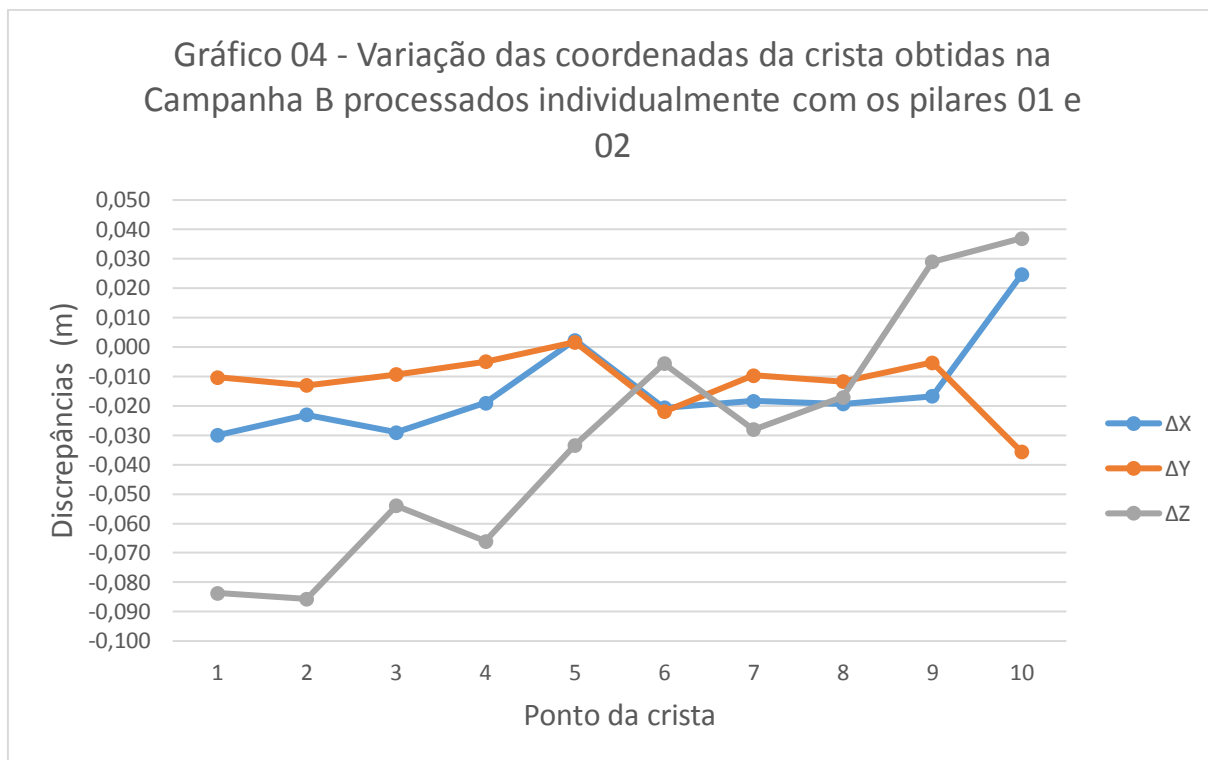


- Campanha B

A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o par de pilares 1 e 2 referentes a campanha B e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las

Tabela 31 - Variação das coordenadas obtidas com processamento dos pilares 1 e 2 na segunda campanha

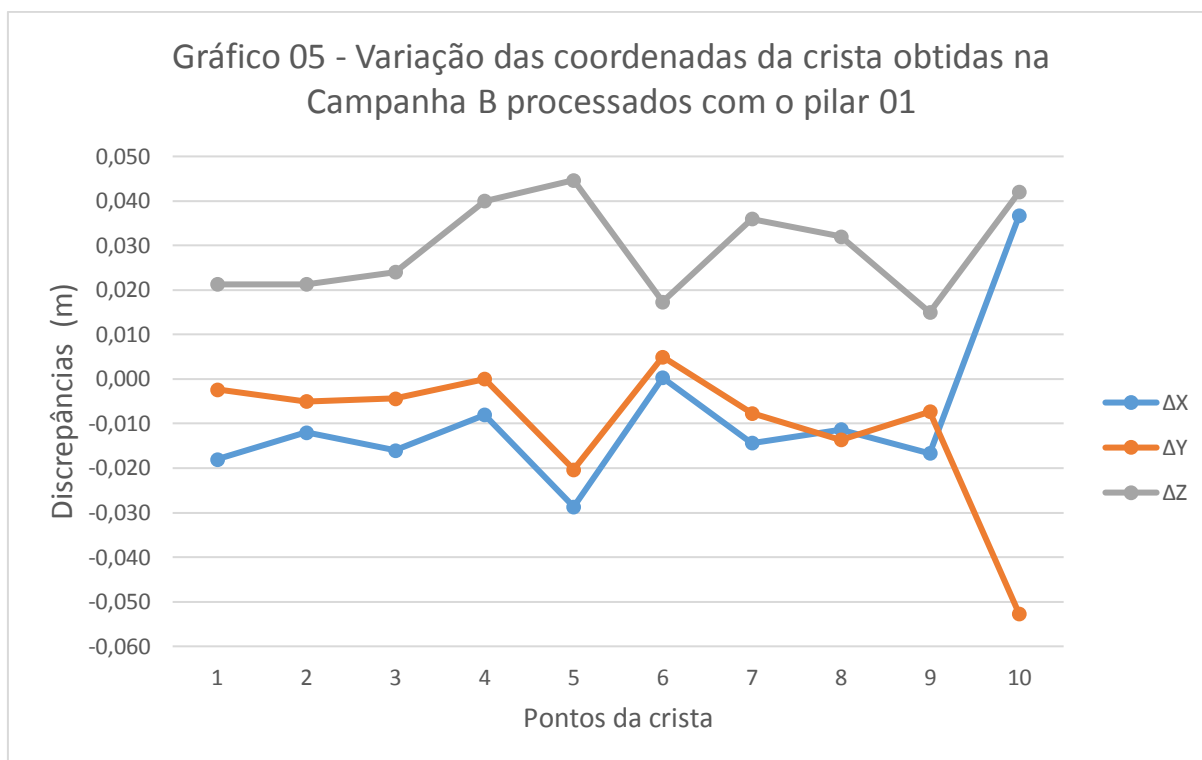
Variação de coordenadas Campanha B- individual			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0300	-0,0103	-0,0837
2	-0,0230	-0,0130	-0,0857
3	-0,0290	-0,0093	-0,0540
4	-0,0190	-0,0050	-0,0660
5	0,0023	0,0017	-0,0333
6	-0,0207	-0,0220	-0,0057
7	-0,0183	-0,0097	-0,0280
8	-0,0193	-0,0117	-0,0170
9	-0,0167	-0,0053	0,0290
10F	0,0247	-0,0357	0,0370



A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o pilar 1 referente a campanha B e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 32 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 1 na campanha B

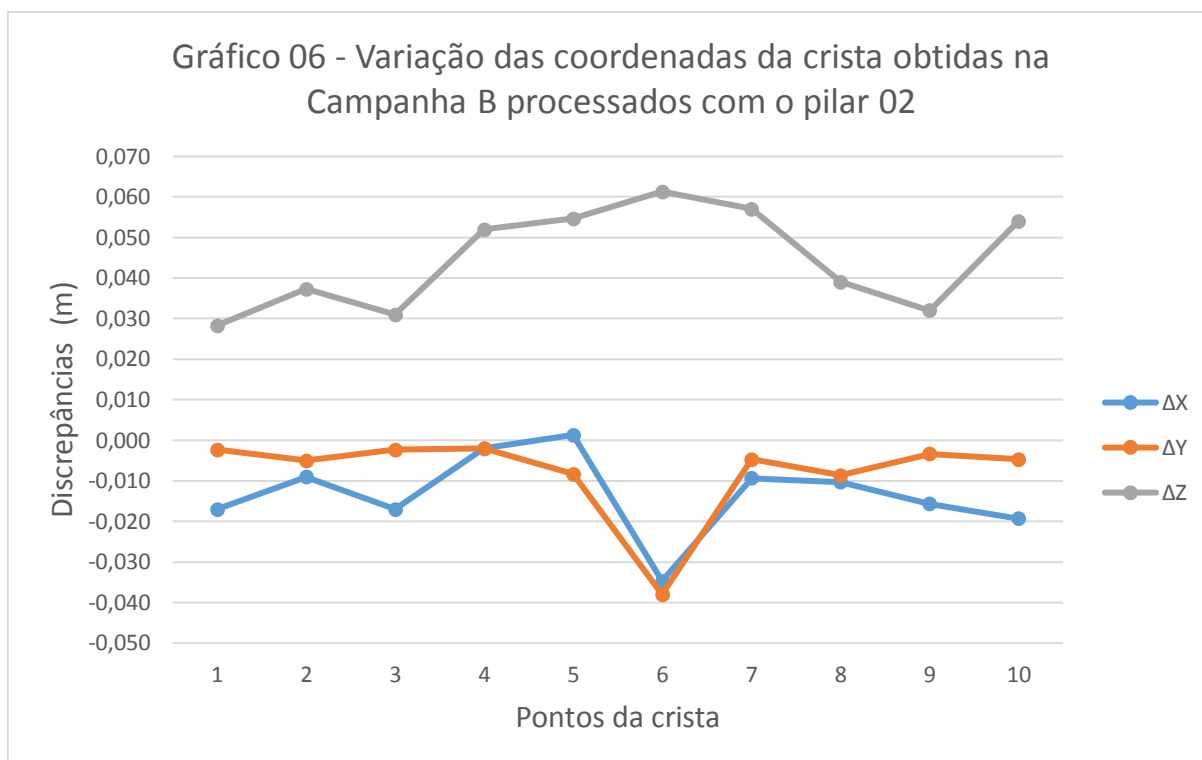
Variação coordenadas. Campanha B – Vetores radiais (pilar 1)			
Pontos	ΔX(m)	ΔY(m)	ΔZ(m)
1	-0,0180	-0,0023	0,0213
2	-0,0120	-0,0050	0,0213
3	-0,0160	-0,0043	0,0240
4	-0,0080	0,0000	0,0400
5	-0,0287	-0,0203	0,0447
6	0,0003	0,0050	0,0173
7	-0,0143	-0,0077	0,0360
8	-0,0113	-0,0137	0,0320
9	-0,0167	-0,0073	0,0150
10	0,0367	-0,0527	0,0420



A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o pilar 2 referentes a campanha B e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 33 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 2 na segunda campanha

Variação coordenadas. Campanha B – Vetores radiais (pilar 2)			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0170	-0,0023	0,0283
2	-0,0090	-0,0050	0,0373
3	-0,0170	-0,0023	0,0310
4	-0,0020	-0,0020	0,0520
5	0,0013	-0,0083	0,0547
6	-0,0347	-0,0380	0,0613
7	-0,0093	-0,0047	0,0570
8	-0,0103	-0,0087	0,0390
9	-0,0157	-0,0033	0,0320
10	-0,0193	-0,0047	0,0540

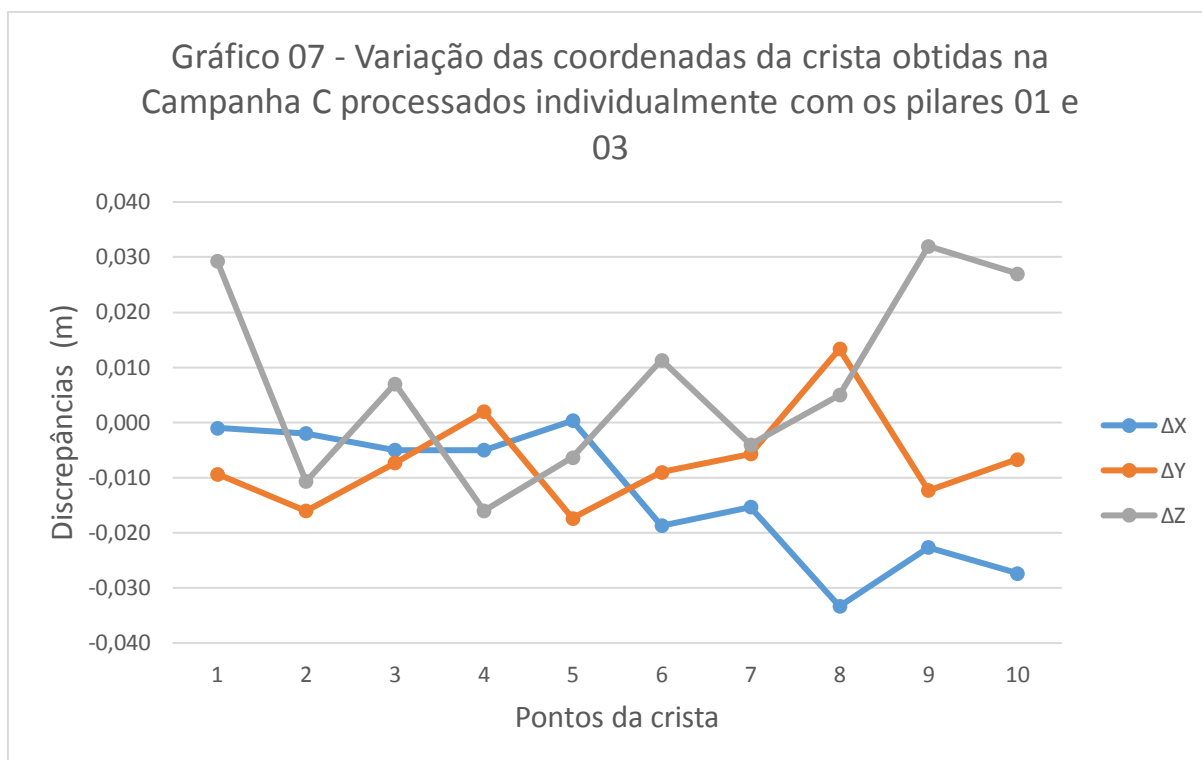


- Campanha C

A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o par de pilares 1 e 3 referentes a campanha C e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 34 - Variação das coordenadas obtidas com processamento dos pilares 1 e 3 na terceira campanha

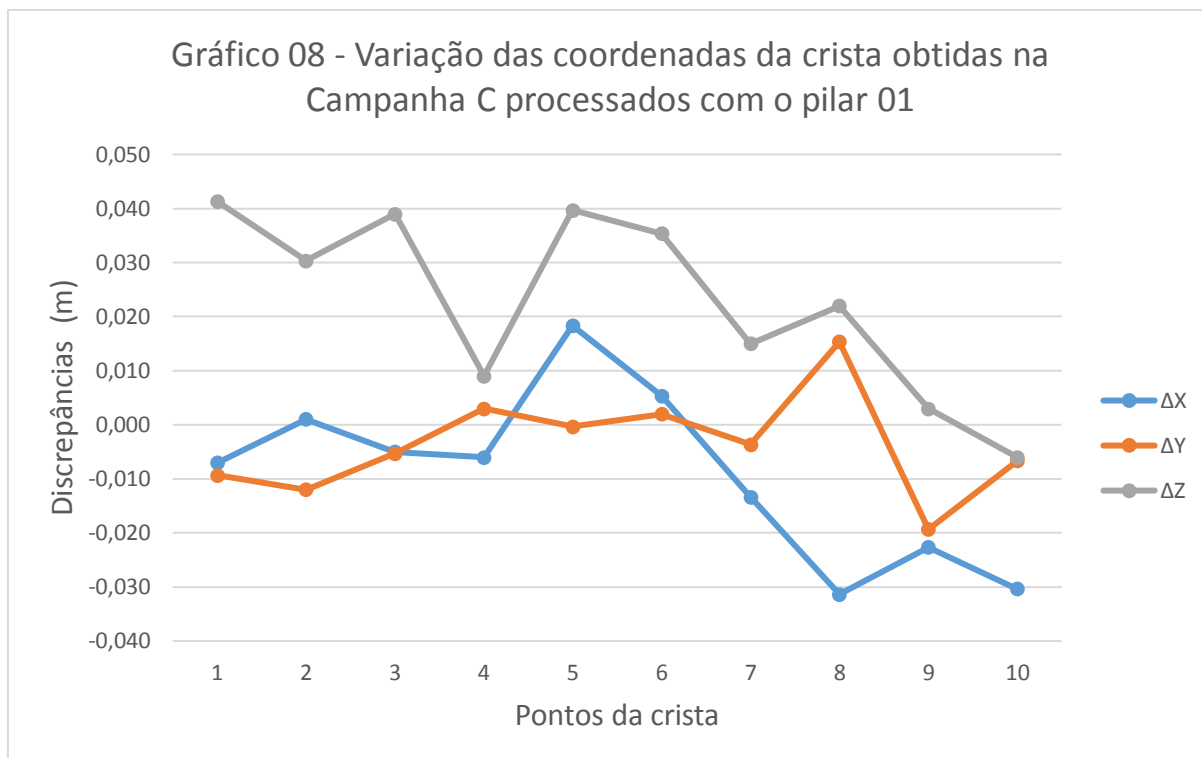
Variação de coordenadas Campanha C- individual			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0010	-0,0093	0,0293
2	-0,0020	-0,0160	-0,0107
3	-0,0050	-0,0073	0,0070
4	-0,0050	0,0020	-0,0160
5	0,0003	-0,0173	-0,0063
6	-0,0187	-0,0090	0,0113
7	-0,0153	-0,0057	-0,0040
8	-0,0333	0,0133	0,0050
9	-0,0227	-0,0123	0,0320
10	-0,0273	-0,0067	0,0270



A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o pilar 1 referente a campanha C e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 35 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 1 na terceira campanha

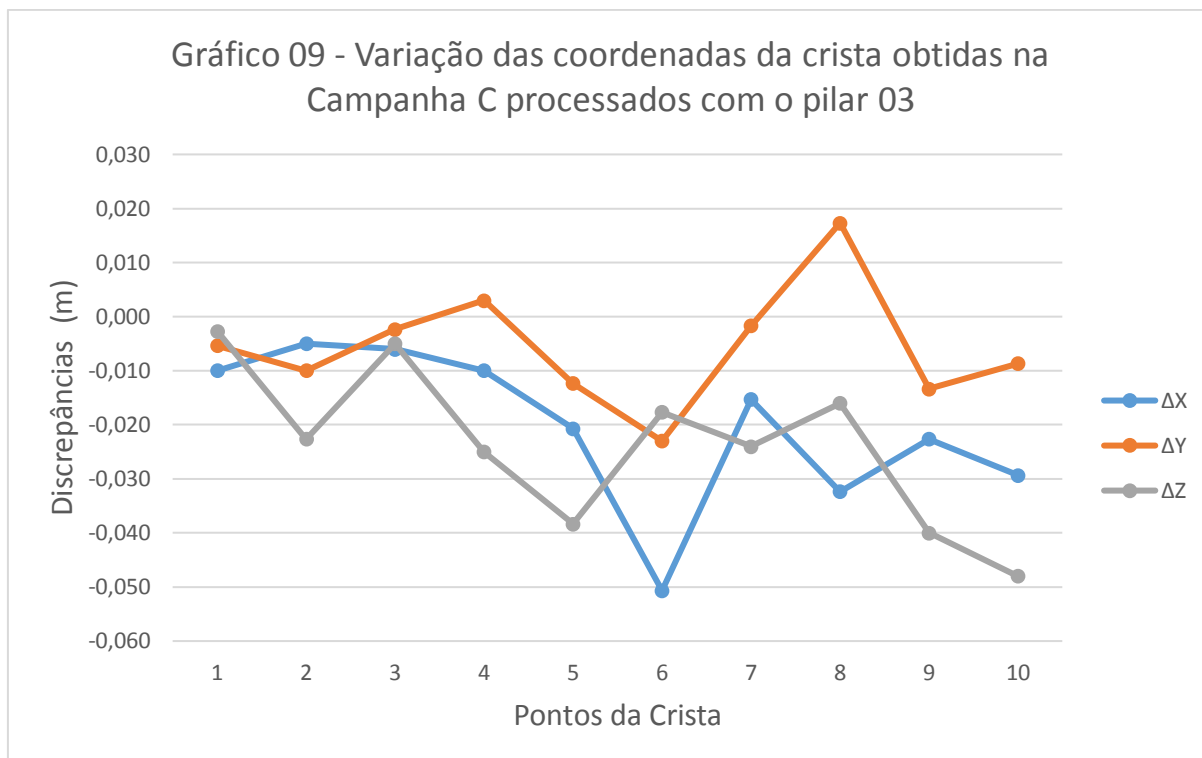
Variação coordenadas. Campanha C – Vetores radiais (pilar 1)			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0070	-0,0093	0,0413
2	0,0010	-0,0120	0,0303
3	-0,0050	-0,0053	0,0390
4	-0,0060	0,0030	0,0090
5	0,0183	-0,0003	0,0397
6	0,0053	0,0020	0,0353
7	-0,0133	-0,0037	0,0150
8	-0,0313	0,0153	0,0220
9	-0,0227	-0,0193	0,0030
10	-0,0303	-0,0067	-0,0060



A tabela a seguir apresenta as variações de coordenadas obtidas no processamento utilizando o pilar 3 referentes a campanha C e respectivamente o gráfico para melhor expressá-las.

Tabela 36 - Variação das coordenadas obtidas com processamento do pilar 3 na terceira campanha

Variação coordenadas. Campanha C – Vetores radiais (pilar 3)			
Pontos	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	-0,0100	-0,0053	-0,0027
2	-0,0050	-0,0100	-0,0227
3	-0,0060	-0,0023	-0,0050
4	-0,0100	0,0030	-0,0250
5	-0,0207	-0,0123	-0,0383
6	-0,0507	-0,0230	-0,0177
7	-0,0153	-0,0017	-0,0240
8	-0,0323	0,0173	-0,0160
9	-0,0227	-0,0133	-0,0400
10	-0,0293	-0,0087	-0,0480



Analisando as tabelas e gráficos apresentados pode ser visto que a maior variação de coordenadas foi de 0,0507m no eixo X, 0,0527m no eixo Y e 0,0857m em Z.

Como esperado, devido a precisão altimétrica do receptor utilizado para as coletas de dados (10mm + 2ppm para vertical e 5mm + 1ppm para horizontal), o maior desvio na variação de coordenadas foi em relação ao eixo Z, porém não ultrapassou a precisão que o equipamento permite obter, visto que:

$$k(m) + \frac{ppm * d(m)}{1000000} \quad (1)$$

Onde:

k: constante métrica da precisão fornecida pelo fabricante do equipamento

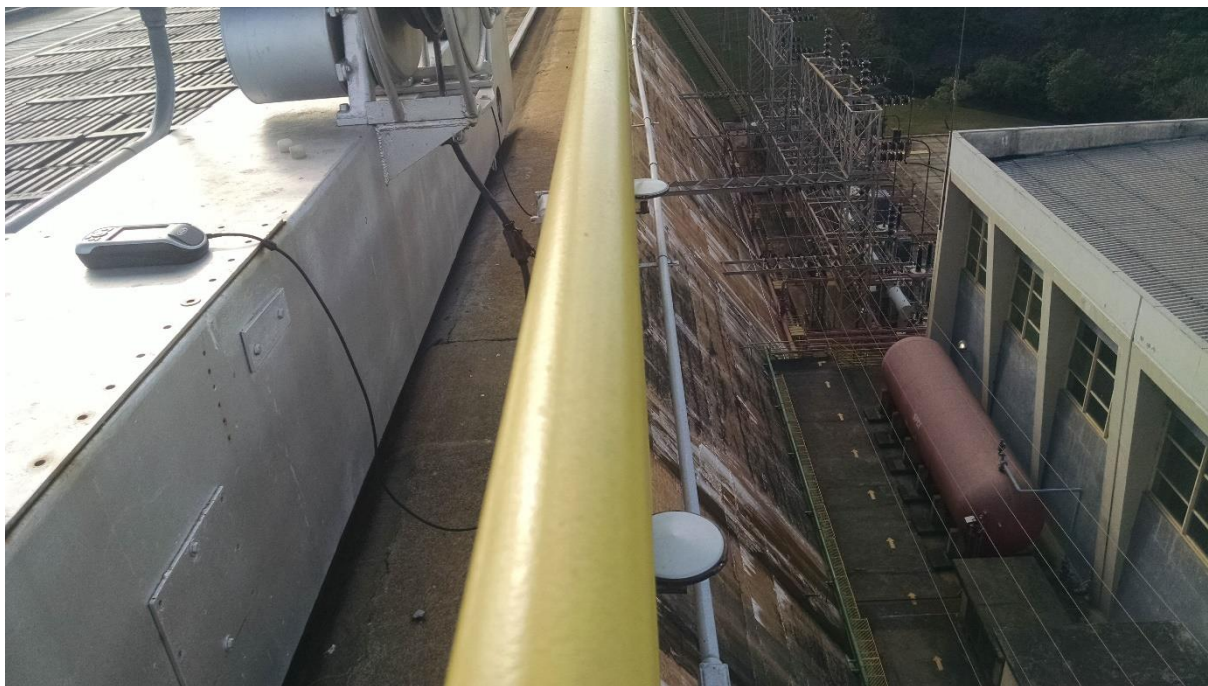
ppm: parte por milhão fornecida pelo fabricante do equipamento

d: distância da linha de base

Considerando a linha de base formada pela maior distância encontrada entre um ponto situado na crista e um pilar de 322m, as precisões altimétricas e planimétricas podem atingir a variação de até 0,0056m e 0,0106m respectivamente.

As campanhas 1 e 2 apresentaram variações similares, não excedendo a diferença de 0,030m, com exceção nos processamentos dos pontos 05 e 06. Acredita-se que os problemas encontrados nas coordenadas dos pontos 05 e 06 são justificados pelas obstruções em sua localização, sendo estes próximos às grades de retenção da crista da barragem e próximos também ao guindaste de operação, como pode ser visto na imagem a seguir.

Figura 21 - Ponto 05 da crista da barragem



Fonte: Elaborada pelos autores

Outro ponto com muita discrepância encontrada foi o ponto 10, que também se acredita que pode ser justificada pela proximidade da grade de retenção e também pela necessidade do uso de extensor. Esta variação pode ser vista pelo comportamento similar em todos os gráficos apresentados.

A campanha com maior discrepância na variação de coordenadas foi a campanha C. Acredita-se que isso se deva ao fato da realização do processamento utilizando as efemérides rápidas, sendo estas as únicas disponíveis até a data de conclusão do trabalho.

5.5.2. Análise de variação de distâncias entre juntas

A seguir serão apresentadas as tabelas de comparação das distâncias entre juntas calculadas pelas coordenadas obtidas com a estação total e as coordenadas obtidas com o posicionamento por GNSS para as três campanhas e seus respectivos três métodos de processamento.

Para o cálculo da distância utilizou-se a equação:

$$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \quad (2)$$

Onde:

d: distância

ΔX : diferença de coordenadas no eixo X

ΔY : diferença de coordenadas no eixo Y

ΔZ : diferença de coordenadas no eixo Z

- Campanha A

Tabela 37 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento dos pilares 2 e 3 na primeira campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0720	2,0660	-0,0060
3-4	2,1080	2,0960	-0,0120
5-6	2,0000	2,2822	0,2820
7-8	2,0400	2,0360	-0,0040
9-10	2,0400	2,0435	0,0040

Tabela 38 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 2 na primeira campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0655	-0,0061
3-4	2,1085	2,0961	-0,0124
5-6	2,0004	1,9965	-0,0039
7-8	2,0399	2,0369	-0,0030
9-10	2,0399	2,0440	0,0041

Tabela 39 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 3 na primeira campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0672	-0,0043
3-4	2,1085	2,0967	-0,0117
5-6	2,0004	3,0676	1,0672
7-8	2,0399	2,0355	-0,0044
9-10	2,0399	2,0393	-0,0006

- Campanha B

Tabela 40 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento dos pilares 1 e 2 na segunda campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0644	-0,0072
3-4	2,1085	2,1045	-0,0039
5-6	2,0004	1,9909	-0,0095
7-8	2,0399	2,0386	-0,0013
9-10	2,0399	1,9939	-0,0461

Tabela 41 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 1 na segunda campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0652	-0,0064
3-4	2,1085	2,1061	-0,0024
5-6	2,0004	2,0096	0,0092
7-8	2,0399	2,0332	-0,0067
9-10	2,0399	1,9751	-0,0648

Tabela 42 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 2 na segunda campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0637	-0,0079
3-4	2,1085	2,0984	-0,0101
5-6	2,0004	1,9918	-0,0086
7-8	2,0399	2,0369	-0,0030
9-10	2,0399	2,0405	0,0006

- Campanha C

Tabela 43 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento dos pilares 1 e 3 na terceira campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0686	-0,0030
3-4	2,1085	2,1151	0,0067
5-6	2,0004	2,0169	0,0165
7-8	2,0399	2,0652	0,0253
9-10	2,0399	2,0472	0,0072

Tabela 44 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 1 na terceira campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0637	-0,0079
3-4	2,1085	2,1152	0,0067
5-6	2,0004	2,0086	0,0082
7-8	2,0399	2,0651	0,0253
9-10	2,0399	2,0548	0,0148

Tabela 45 - Variação da distância entre pontos obtidas com o processamento do pilar 3 na terceira campanha

PONTO	d Referência (m)	d (m)	Δd (m)
1-2	2,0716	2,0649	-0,0067
3-4	2,1085	2,1151	0,0066
5-6	2,0004	2,0055	0,0051
7-8	2,0399	2,0647	0,0248
9-10	2,0399	2,0472	0,0073

Pode-se observar que, assim como visto na análise dos gráficos, na análise de comparação das distâncias do ponto 5 ao 6 da primeira campanha é apresentada grande discrepância em relação aos demais valores, atingindo 1,0672m de diferença quando comparada à distância obtida pela estação total.

Também foi observado grande diferença entre as distâncias relacionadas aos pontos 9 e 10 com valores chegando a 0,0648m na segunda campanha.

Para a terceira campanha foi observado diferenças chegando a 0,0253m em relação as distancias dos pontos 7 e 8.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a técnica de monitoramento de barragem utilizando o posicionamento por GNSS se mostrou satisfatória quando se tratando dos resultados planimétricos, situados próximos da precisão proposta pelo equipamento utilizado. Como pode ser visto no documento “Instrumentos de Auscultação das obras civis, valores de controle para leituras dos instrumentos” elaborado pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL, 1998), é adotado como variação máxima tolerável de deslocamento horizontal o valor de 0,015 m.

Os resultados altimétricos não foram satisfatórios para o tipo de aplicação realizada, uma vez que se tratando de grandes obras de engenharia não se pode permitir que haja tamanha variação visto que pequenas falhas podem causar danos irreversíveis.

Dentre os métodos de processamento de dados avaliados, o que apresentou melhores resultados foi o que utilizou dois pilares para o processamento de cada ponto da crista individualmente, o qual dispôs mais valores próximos da precisão milimétrica

Ao comparar as variações de distância com os dados obtidos pelo levantamento com estação total nota-se que a técnica de posicionamento por GNSS é considerada válida, porém torna-se necessário a otimização da técnica utilizada para obtenção de melhores resultados.

Recomenda-se que, para trabalhos futuros, deve ser avaliada a possibilidade de melhor aplicação da técnica, buscando evitar as obstruções da antena receptora e realizar sua calibração, realizar coletas simultâneas de dados utilizando os três pilares e aplicar juntamente ao posicionamento por GNSS a técnica de nivelamento geométrico para garantir maior

confiabilidade dos dados altimétricos, onde foram encontradas as maiores variações de resultados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCE – AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Task Committee on Instrumentation na Monitoring Dam Performance. **Guidelines for instrumentation and measurements for monitoring dan performance**. Reston, Va., c2000. 1 v.

BRASIL. Lei nº 12334, de 20 de julho de 2010. **L12334**. Brasília, 2010.

CBDB - COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS (Rio de Janeiro). **Apresentação das Barragens**. 2013. Disponível em: <[http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresentação das Barragens](http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresentação%20das%20Barragens)>. Acesso em: 01 ago. 2017.

CEMIG. **Usinas da Cemig**: A história da eletricidade em Minas e no Brasil. Rio de Janeiro, 2006. 304 p.

CEMIG. **Usinas hidrelétricas da Cemig**: Usina Hidrelétrica de Camargos. 2017. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/Usinas_Hidreletricas.aspx>. Acesso em: 15 ago. 2017.

CHRZANOWSKI, A; CHEN, Y. Q; SECORD, J. M. A strategy for the analysis of the stability of reference points in deformation srveys. **CISM Journal = Journal ACSGC**, Ottawa, v. 44, n. 2, p. 141-149, 1990.

CORRÊA, C. P. **Metodologia para controle de recalques em estruturas de concreto armado por meio de nivelamento geométrico de precisão**. Dissertação (Mestrado) – Curso

de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

DELAZARI, L. S., 2005. **Mundogeo. GNSS muito além do mapeamento**. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2005/06/30/gnss-muito-alem-do-mapeamento/>>. Acesso em: 14 julho. 2017.

FONSECA JR, E. S., 1996. **Estudo e avaliação metodológica da rede GPS do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.

FUSARO, T. C. **Estabelecimento estatístico de valores de controle para a instrumentação de barragens de terra: estudo de caso das barragens de Emborcação e Piau**. Dissertação (Mestrado), Ouro Preto, 2007.

GRANEMANN, D. C. FAGGION, P. L. NADAL, C.A. VEIGA, L. A. K. FREITAS, S. R. C. de. **Estabelecimento de uma rede geodésica para o monitoramento de estruturas: estudo de caso na usina hidrelétrica Salto Caxias**. **Bol. Cienc. Geod.**, Curitiba, v. 14, n. 2, p.200-220, jun. 2008.

GUTIÉRREZ, J. L. C. **Monitoramento da instrumentação de barragem de Corumbá-I por redes neurais e modelos de Box & Jenkins**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, 2003.

HEUERMAN, Henry; SENUS, Walter. **Navstar global positioning system**. *Journal Of Surveying Engeneering*. Washington D.c., p. 73-80. 15 abr. 1983.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual técnico de posicionamento**. 1ª ed. Brasília, 2013.

KAHMEN, H., FAIG, W. S. **Surveying**. Berlim; *New York*: Walter de Gruyter, 1994

LEICK, A. (1995). **GPS satellite surveying**. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 560 p.

LEICK, A. (2004). **GPS satellite surveying**. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 435 p.

LOPES, M. de F. M.; FERREIRA, T. R. **Teste comparativo entre coordenadas calculadas pelo problema de pothenot e as coordenadas obtidas com o uso de gps**. 2010. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2010/08/12/teste-comparativo-entre-coordenadas-calculadas->

pelo-problema-de-pothenot-e-as-coordenadas-obtidas-com-o-uso-de-gps/>. Acesso em: 14 jul. 2017.

MARANGON, M. Unidade V. In: MARANGON, Marcio. **Tópicos em geotecnia e obras de terra**. Juiz de Fora, 2004. Cap. 5. p. 1-27.

MARTINS, J. R. S. **Barragens e estruturas hidráulicas**. Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, [201-].

MENZORI, M., 2005. **Classificação da exatidão de coordenadas obtidas com a fase da portadora L1 do GPS**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Editora UNESP. 2008. 476p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 1ªed. São Paulo: Editora UNESP. 2000. 287 p.

MONTEIRO, G. S.. **Análise sísmica e avaliação da segurança estrutural de barragens gravidade de betão compactado com cilindro**. 2007. 384 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2007.

RIBEIRO, F. C. D. **Proposta de metodologia para verificação da estabilidade dos pilares de redes para monitoramento geodésico de barragens – estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP, 2008.

RIJO, M. **Estruturas hidráulicas: Barragens**. Departamento de Engenharia Rural. Universidade de Évora. Évora, 2007.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations methods, and applications**. ed 2. Berlin, Nova York, 2003.

SEGANTINE, P. C. L. (2005). **GPS: Sistema de posicionamento global**. Editora do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 364 p.

SILVA, E. F. da; MIRANDA, C. D. M. de; MONICO, J. F. G. **O uso de receptores GPS no monitoramento planimétrico na UHE Luiz Eduardo Magalhaes**. In: XXX - SEMINÁRIO

NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS. Comitê Brasileiro de Barragens. Foz do Iguaçu, 2015.

SILVA, J. L. B. da. **Nivelamento Geométrico**. Departamento de Geodésia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Jun. 2003.

SILVEIRA, G. C da. **Influência da geometria dos satélites na precisão das coordenadas geodésicas obtidas com o sistema GPS**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Departamento de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Cap. 2

SILVEIRA, J. F. A. **Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SOUZA, M. M. **Estudo para o projeto geotécnico da barragem de Alto Irani, CS**. 2013. 114 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

STEPHENS, T. **Manual sobre pequenas barragens de terra: Guia para localização, projecto e construção**. Roma: Fao, 2011.

US Army Corps of Engineers. Engineering and Design: **Structural deformation surveying**. Department of the Army. Washington, DC. Jun. 2002.

VOLKMER, M. V. **Análise de subpressão em fundações rochosas e seus efeitos na estabilidade de barragens tipo gravidade**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2011.

WELLS, D. E. et al. **GPS design: Undifferenced carrier beat phase observations and the fundamental differencing theorem**. Geodesics And Geomatics Engineering, Fredericton, 1987

ZOCOLOTTI FILHO, C. A. **Utilização de técnicas de poligonação de precisão para o monitoramento de pontos localizados em galerias de inspeção: estudo de caso da U.H. de Saltos Caxias**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

APENDICE

APENDICE 01 - Relatórios de Processamentos Por PPP.....63

Sumário do Processamento do marco: P001

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/08/23 11:28:40,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/08/23 16:42:14,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	LEIGS15 NONE
Órbitas dos satélites:¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,201
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,50 GPS 0,48 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,06 GPS 0,93 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-21° 19' 24,7529"	-44° 36' 56,3821"	896,36	7641995.735	539857.333	-45
Na data do levantamento ⁵	-21° 19' 24,7463"	-44° 36' 56,3838"	896,36	7641995.938	539857.284	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,001	0,002	0,002			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-3,62					
Altitude Ortométrica (m)	899,98					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

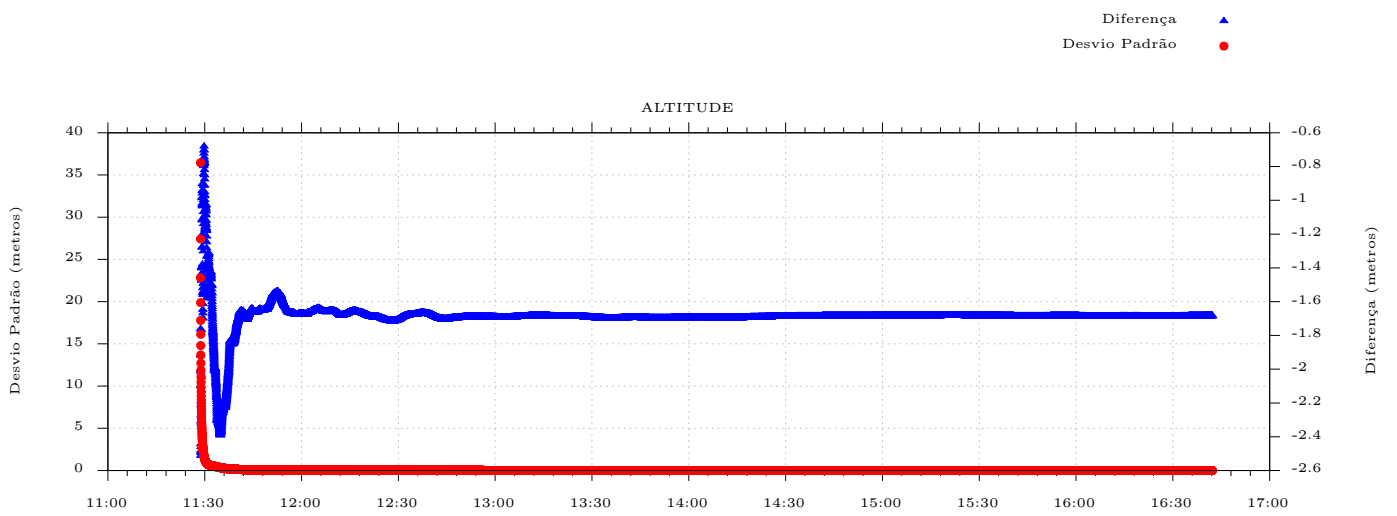
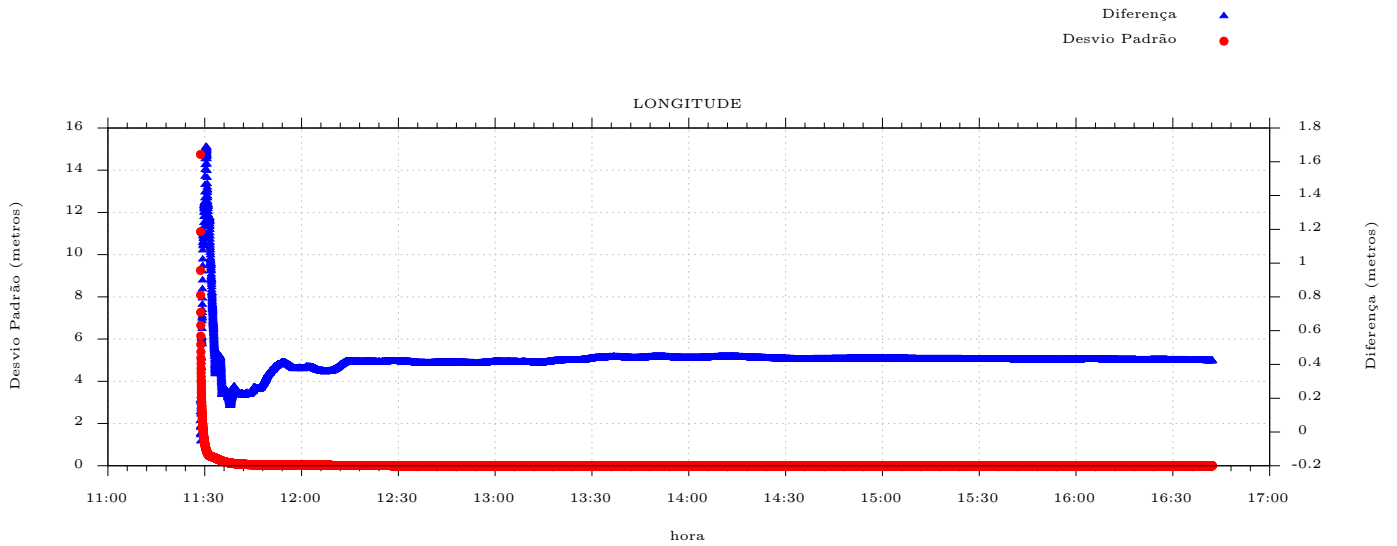
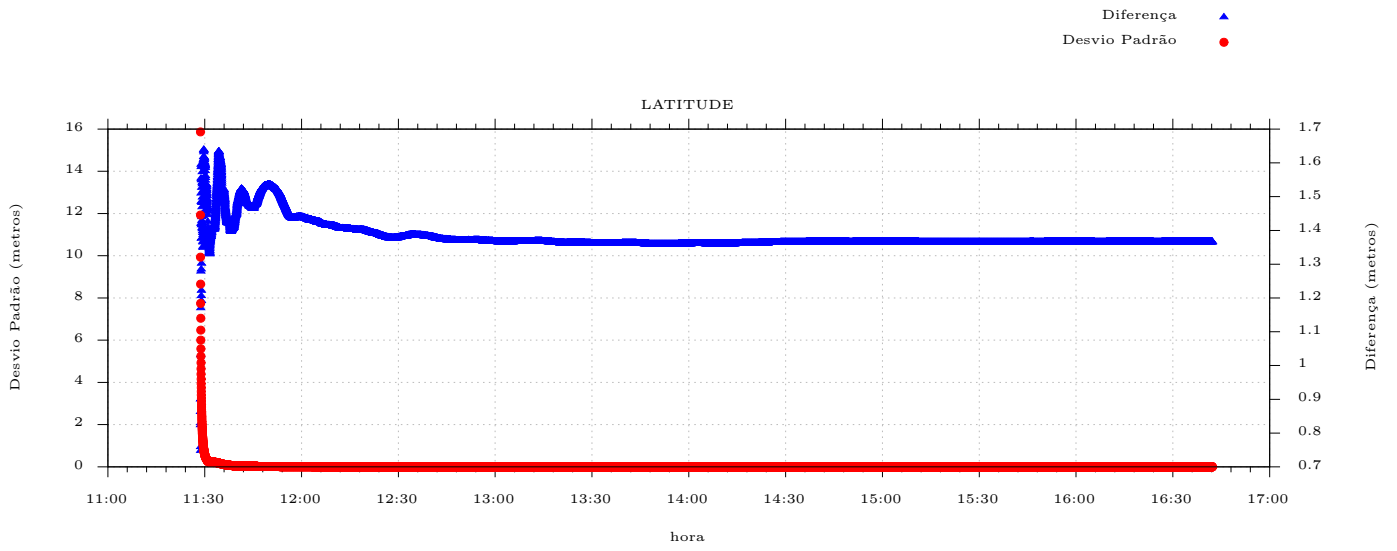
⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.



Sumário do Processamento do marco: P002

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/08/02 16:24:06,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/08/02 21:17:42,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	LEIGS15 NONE
Órbitas dos satélites:¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,201
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,62 GPS 0,54 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,75 GPS 1,08 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-21° 19' 32,7865"	-44° 36' 51,8087"	896,24	7641748.428	539988.474	-45
Na data do levantamento ⁵	-21° 19' 32,7799"	-44° 36' 51,8104"	896,24	7641748.631	539988.426	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,001	0,001	0,003			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-3,62					
Altitude Ortométrica (m)	899,86					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

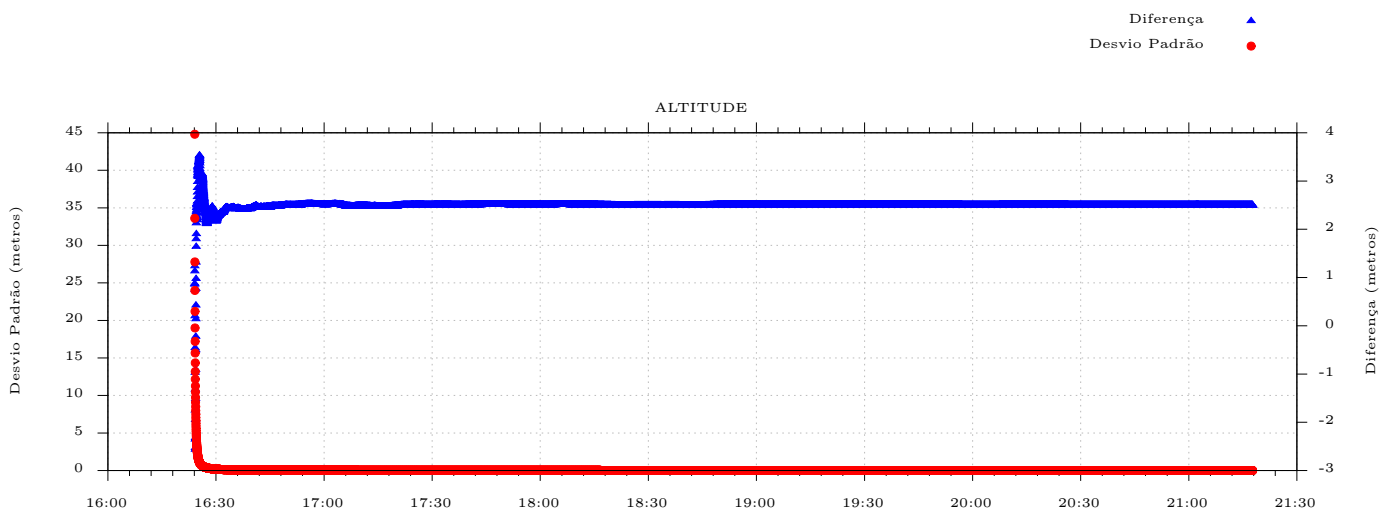
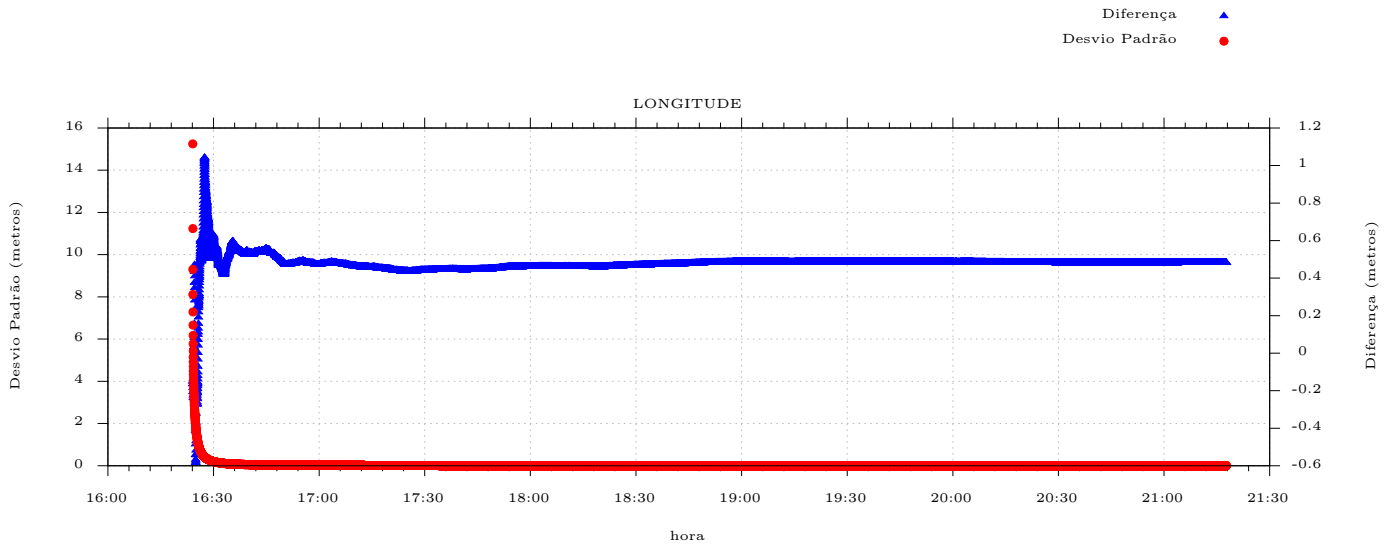
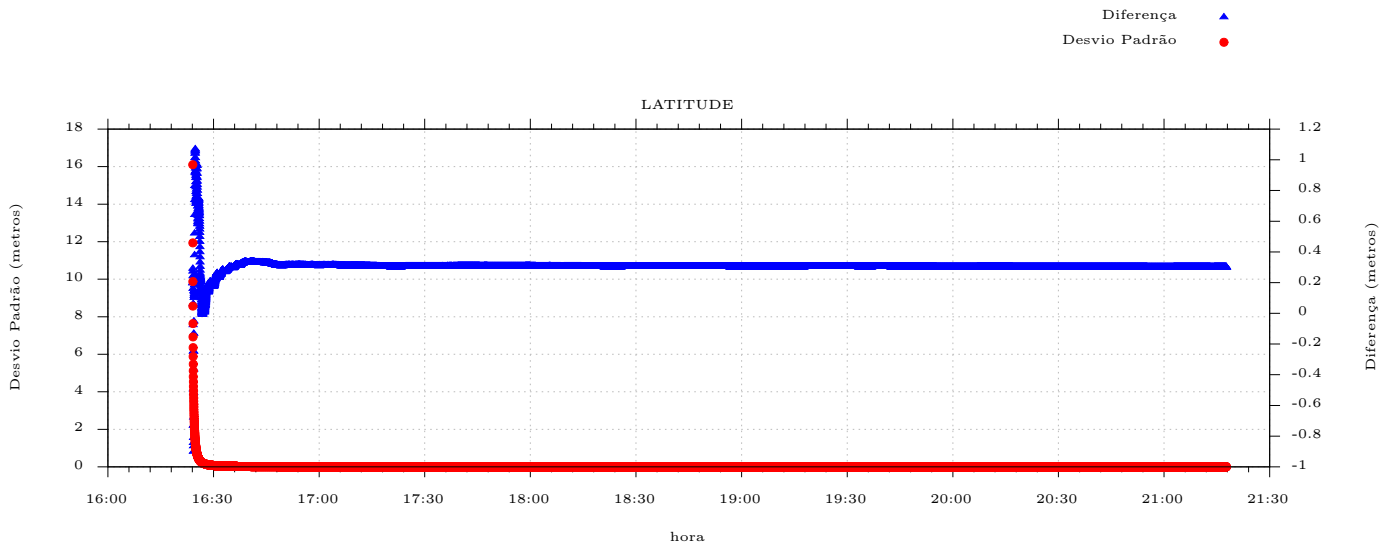
⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.



Sumário do Processamento do marco: P003

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/08/02 16:46:51,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/08/02 21:11:39,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	LEIGS15 NONE
Órbitas dos satélites:¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,082
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,29 GPS 0,50 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,64 GPS 0,97 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-21° 19' 23,8700"	-44° 37' 00,6960"	911,08	7642023.182	539733.129	-45
Na data do levantamento ⁵	-21° 19' 23,8634"	-44° 37' 00,6977"	911,08	7642023.385	539733.080	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,001	0,001	0,003			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-3,63					
Altitude Ortométrica (m)	914,71					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

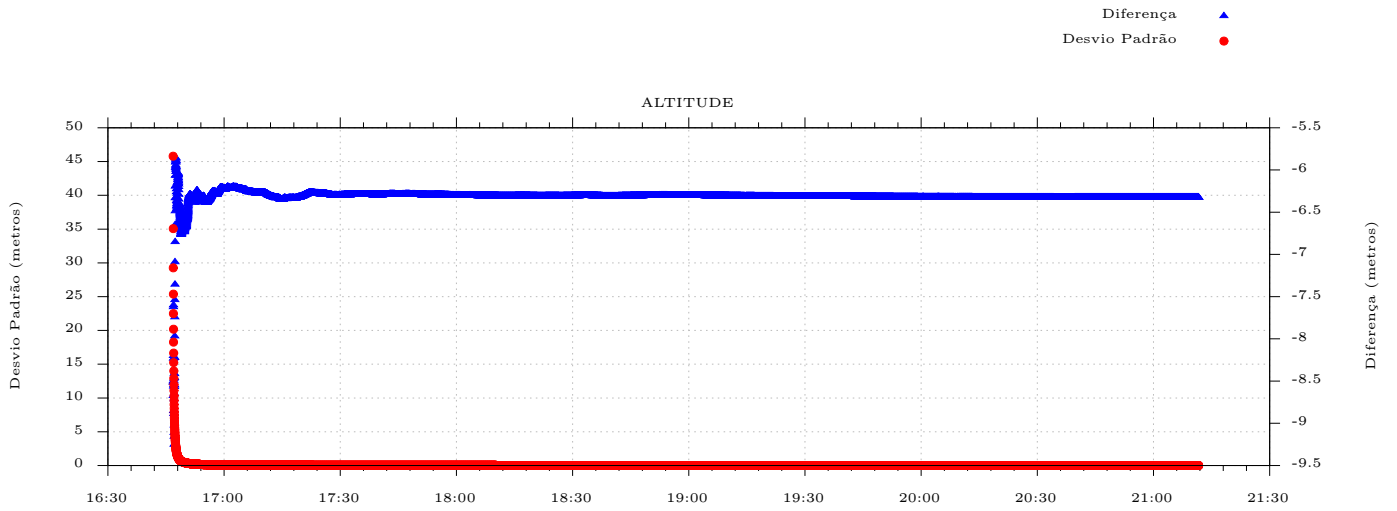
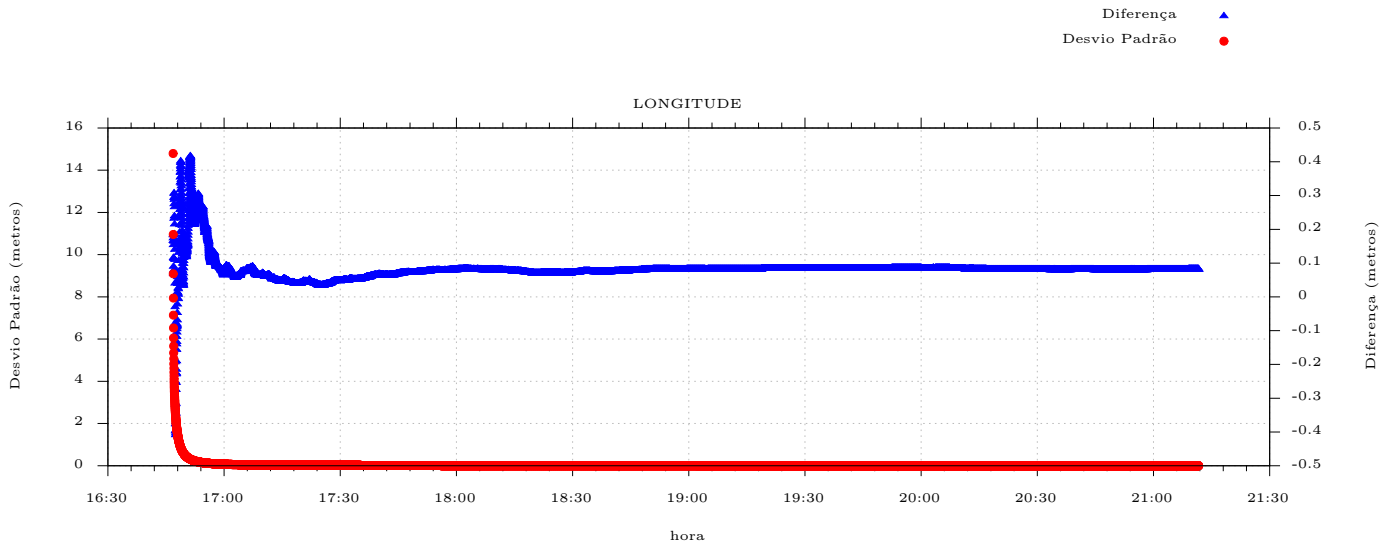
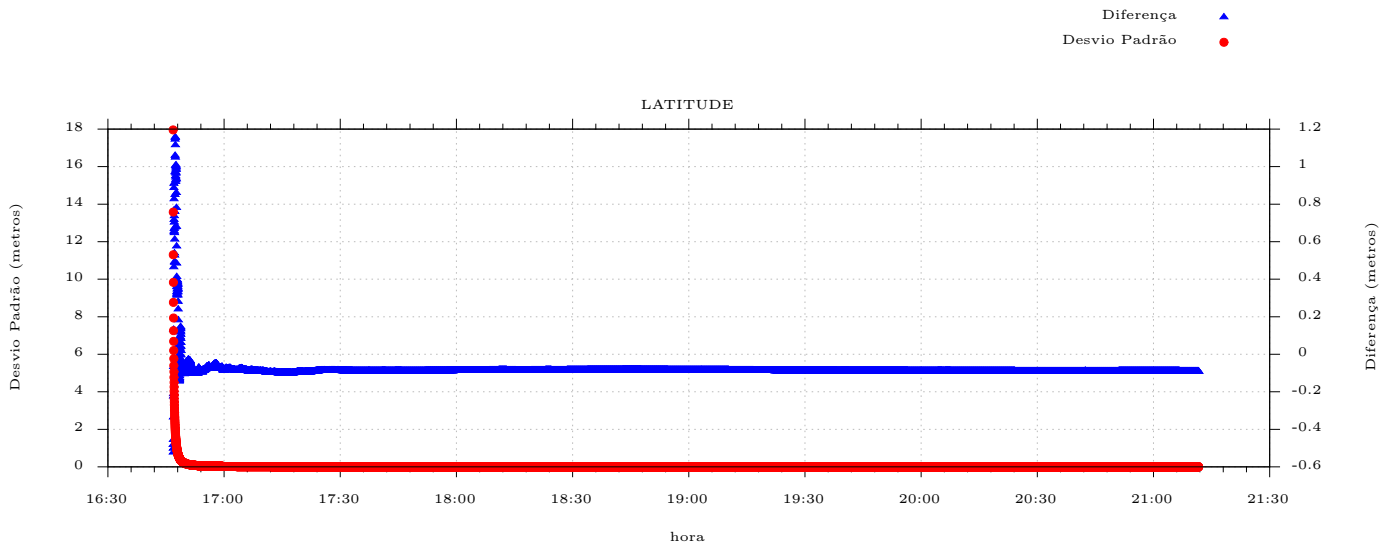
⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.



ANEXO

ANEXO 01 – Manual de padronização de marcos geodésicos.....70



DGC – DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS
CGED – COORDENAÇÃO DE GEODÉSIA

Padronização de Marcos Geodésicos

Agosto de 2008

ÍNDICE

NOTA	3
1 – APRESENTAÇÃO	4
2 – FINALIDADE	4
3 – LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO	4
4 – IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO	5
4.1 Chapa	5
4.2 Legenda	5
5 – FIXAÇÃO DA CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO	7
6 – MATERIALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	8
6.1 Chapas cravadas	8
6.1.1 – Aplicação	8
6.2 – Marcos e Pilares	8
6.2.1 – Marco de concreto com chapa incrustada no seu topo	8
6.2.2 - Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo	15

FIGURAS

FIGURA 1 - ESPECIFICAÇÃO GERAL DA CHAPA.	5
FIGURA 2 - ESPECIFICAÇÃO GERAL DA LEGENDA A SER ESTAMPADA NA CHAPA.	6
FIGURA 3 - CHAPA PADRÃO IBGE.	6
FIGURA 4 - EXEMPLO DE CHAPA DE ESTAÇÃO SATÉLITE.	6
FIGURA 5- EXEMPLO DE CHAPA DE REFERÊNCIA DE NÍVEL.	7
FIGURA 6 – ESPECIFICAÇÃO DA CHAPA DE AZIMUTE.	7
FIGURA 7 – PERFIL DO MARCO PIRAMIDAL PADRÃO IBGE.	9
FIGURA 8 - FORMA COM OS PADRÕES UTILIZADOS PARA O MARCO PIRAMIDAL.	9
FIGURA 9 - ESQUEMA DE ESTABELECIMENTO DE MARCO.	10
FIGURA 10 - MARCO PADRÃO IBGE COM IDENTIFICAÇÃO EM BAIXO RELEVO.	11
FIGURA 11 - DETALHE DO MARCO COM A SAPATA DE PROTEÇÃO LATERAL.	11
FIGURA 12 - VISTA SUPERIOR DO MARCO COM A SAPATA DE PROTEÇÃO LATERAL.	12
FIGURA 13 - MARCO COM SINALIZAÇÃO PARA ÁREA DE CULTURA.	12
FIGURA 14 - DETALHE DA PLATAFORMA.	13
FIGURA 15 - DETALHE DA PLATAFORMA COM AFLORAMENTO DO SOLO.	13
FIGURA 16 - VISTA SUPERIOR DO MARCO COM AS PLATAFORMAS DE PROTEÇÃO LATERAL E ADICIONAL.	14
FIGURA 17 - MARCO PADRÃO IBGE.	14
FIGURA 18 - PILAR COM CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO FIXADA NO SEU CORPO.	16
FIGURA 19 - ESQUEMA DO PILAR DE CONCRETO COM DISPOSITIVO CENTRAGEM FORÇADA.	17
FIGURA 20 - VISTA SUPERIOR DAS FORMAS.	17
FIGURA 21 - VISTA SUPERIOR DAS FERRAGENS.	18
FIGURA 22 - DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO UFPR ABERTO.	18
FIGURA 23 - DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO UFPR FECHADO.	18
FIGURA 24 – DETALHAMENTO DO DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA.	19
FIGURA 25 - COMPONENTES DO PINO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO IBGE.	19
FIGURA 26 - PINO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO IBGE.	20
FIGURA 27 - COMPONENTES DO PINO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO IBGE.	20
FIGURA 28 - COMPONENTES DO PINO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO IBGE.	21

NOTA

Quaisquer sugestões e/ou correções que possam ampliar a clareza e exatidão desta norma são bem-vindas. Para cada sugestão e/ou correção deve ser apresentada justificativa, a fim de assegurar a sua compreensão e exata avaliação. A sugestão deve ser identificada pela página e item, com referência ao parágrafo e à linha do texto.

As sugestões deverão ser encaminhadas para ibge@ibge.gov.br .

1 – APRESENTAÇÃO

Considerando os objetivos científico e cartográfico do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), que visam, respectivamente, o conhecimento da forma e dimensões da Terra e o fornecimento de apoio uniforme aos trabalhos de mapeamento executados no território nacional, determina-se que todas as estações das redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica que fazem parte deste Sistema sejam materializadas no terreno. Esta materialização se dará através de chapas cravadas, marcos ou pilares, de forma a garantir sua estabilidade e durabilidade.

2 – FINALIDADE

Esta norma revoga a NS DGC N° 29/88 “Padronização de Marcos Geodésicos”, que trata das instruções para monumentalização dos marcos e pilares das estações que compõem o SGB, e foram elaboradas com o objetivo de fornecer subsídios para as etapas de construção, manutenção, reconstrução e reparo dos mesmos.

A materialização das estações geodésicas pode ser feita de três formas:

- chapa cravada em superfície estável já existente no local;
- marco ou pilar de concreto com chapa incrustada no seu topo; e
- pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo e chapa cravada na lateral.

Nos três casos, a estação geodésica será identificada através de legendas estampadas na chapa.

3 – LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

A seleção do local para materialização da estação, seja através de marco, pilar ou chapa cravada, deve atender, sempre que possível, os seguintes critérios :

- o horizonte deve estar desobstruído acima de 15°; em relação ao ponto de referência que materializa a estação;
- evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência para os sinais GPS;
- a área situada a 100 m da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente paredes metálicas, de alvenaria ou superfícies naturais, como paredões rochosos;
- o local de implantação deve ser estável, sem qualquer influência de vibrações ou trepidações;
- evitar localidades próximas a espelhos d’água, como rios, lagos, etc.; e
- evitar localidades próximas a árvores e vegetação densa.

Os marcos de concreto construídos à margem das estradas devem ficar, sempre que possível, fora da faixa de domínio estabelecida pelo órgão responsável pela rodovia, alternados de um lado e do outro. Tal providência visa minimizar a possibilidade de destruição, em caso de posteriores alargamentos ou edificações no traçado das estradas. Para tentar evitar este problema, recomenda-

se, sempre que possível, escolher locais afastados da estrada, tais como sede de fazendas, mantendo-se, porém, a alternância de lados.

4 – IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO

4.1 Chapa

A chapa é uma peça metálica que identifica a estação. Quando encontra-se engastada no topo de superfície estável, marco ou pilar, define o ponto de referência (i.e., origem das coordenadas) da estação; quando encontra-se engastada no corpo do pilar, destina-se exclusivamente a identificar a estação, sendo o ponto de referência da estação dado pelo pino ou dispositivo de centragem forçada. Para a confecção da chapa, devem ser observadas as especificações constantes na Figura 1.

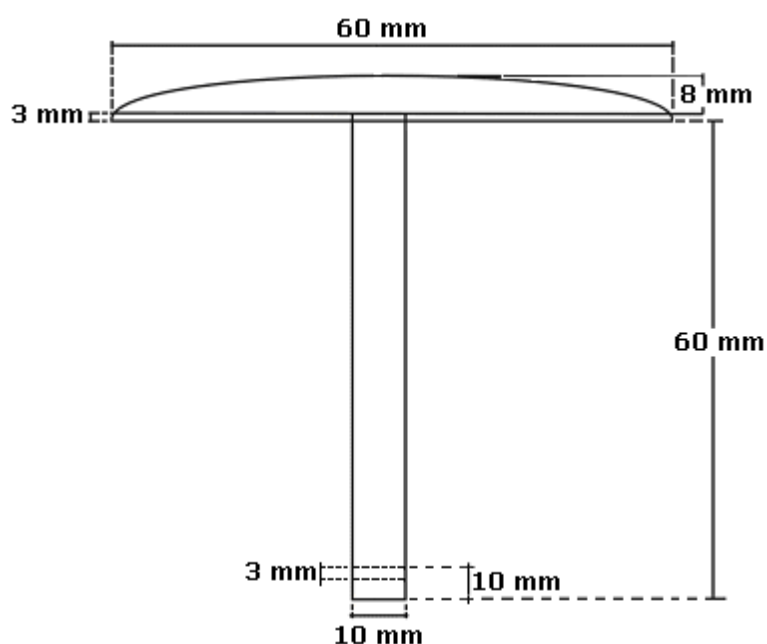


Figura 1 - Especificação geral da chapa.

No furo de 3 mm deve ser colocado um pedaço de arame retorcido, para garantir maior firmeza à peça quando de sua fixação e dificultar sua retirada.

4.2 Legenda

As estações são identificadas através de legendas estampadas na chapa específica. As legendas devem ser estampadas com numerador de aço de 6 mm, conforme indicado nas Figuras 2 e 3.

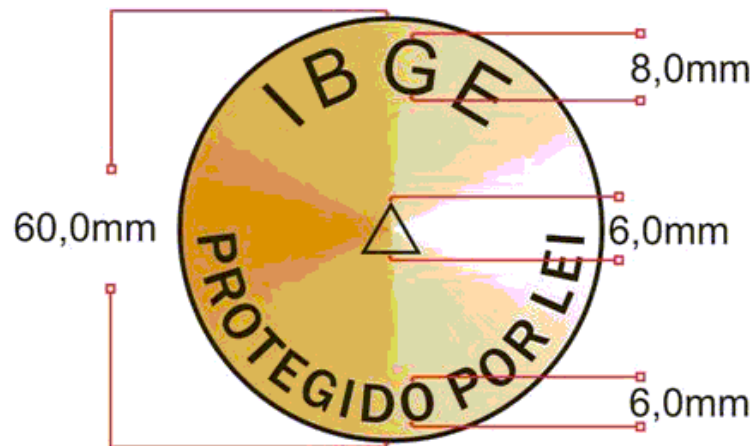


Figura 2 - Especificação geral da legenda a ser estampada na chapa.

As letras da sigla IBGE devem ter um espaçamento de 5 mm.



Figura 3 - Chapa padrão IBGE.

As chapas devem obedecer às seguintes instruções no tocante à legenda:

- Para marcos planimétricos, altimétricos e gravimétricos, deve-se estampar a identificação correspondente e o ano de estabelecimento (Figuras 4 e 5).



Figura 4 - Exemplo de Chapa de Estação Satélite.



Figura 5- Exemplo de Chapa de Referência de Nível.

- Para o marco de azimute deve-se estampar a identificação de estação de azimute (AZ) e o código da estação principal. No centro da chapa deverá ser gravada seta que defina a direção da estação principal (Figura 6).

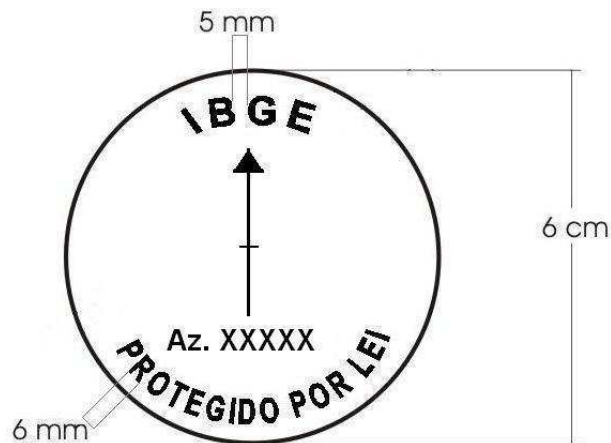


Figura 6 – Especificação da Chapa de Azimute.

5 – FIXAÇÃO DA CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO

Nos marcos planimétricos, altimétricos e gravimétricos, a chapa deverá ser fixada no centro do topo do marco, seguindo as especificações de legenda apropriadas.

Quando forem dotados de dispositivo de centragem forçada, a chapa deverá ser colocada na face mais visível ao usuário, 20 cm abaixo do topo, contendo identificação semelhante à do marco planimétrico.

A fixação deverá ser feita com resinas especiais para fixação de concreto e metal.

6 – MATERIALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES

6.1 Chapas cravadas

Possibilitam a escolha de local que assegure a permanência da estação durante muitos anos, como afloramentos rochosos de grande porte (afastados ou à beira da estrada), base de grandes monumentos, soleira de igrejas ou edifícios públicos, etc. Deve-se agir de modo que a incrustação não cause danos ao local.

Deverá ser dada preferência, em regiões urbanizadas, ao adensamento do SGB com chapas cravadas. Esses locais oferecem maiores chances de preservação das estações.

Para identificar o local onde a chapa foi implantada, deve-se proceder à pintura na cor laranja em volta da chapa de uma área quadrada de aproximadamente 40 cm de lado. Quando a chapa estiver em edificações públicas ou privadas, este procedimento só deve ser feito com a autorização do responsável.

6.1.1 – Aplicação

Utilizadas para todos os tipo de estações geodésicas.

6.2 – Marcos e Pilares

6.2.1 – Marco de concreto com chapa incrustada no seu topo

6.2.1.1 – Aplicação

Utilizado para todos os tipo de estações geodésicas.

6.2.1.2 - Formato e Dimensões

O marco deverá obedecer aos seguintes formato e dimensões:

- Formato de tronco de pirâmide.
- Base quadrangular de 30 cm de lado.
- Topo quadrangular de 18 cm de lado.
- Altura 40 cm.

A Figura 7 possibilita a visualização do perfil do marco.

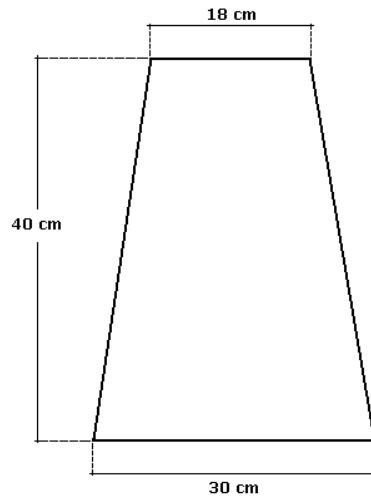


Figura 7 – Perfil do marco piramidal padrão IBGE.

6.2.1.3 – Forma

Para a confecção deste tipo de marco, deve ser utilizada uma forma metálica dotada de alças laterais. A forma deve ter o mesmo formato e dimensões do marco, conforme indicado na Figura 8.

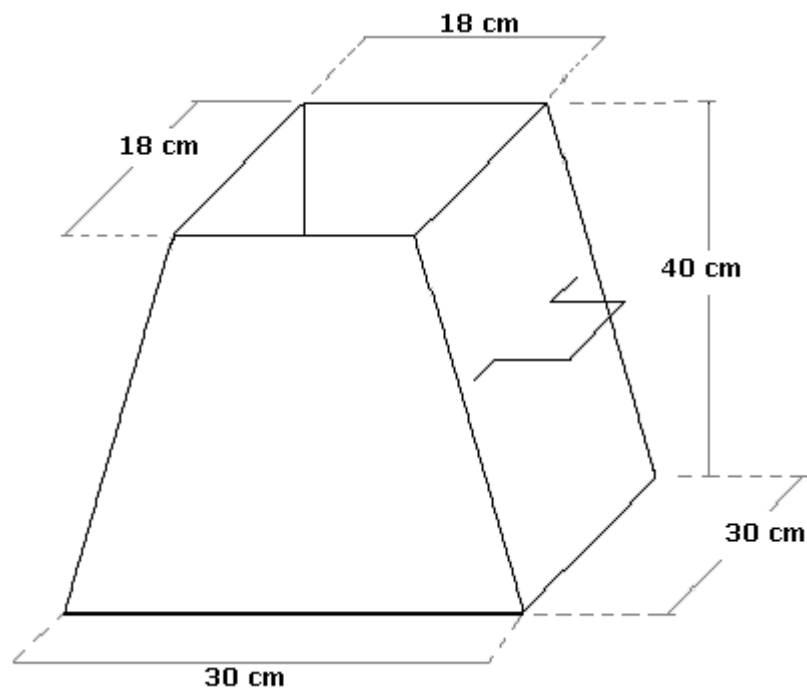


Figura 8 - Forma com os padrões utilizados para o marco piramidal.

6.2.1.4 - Construção

- Adotar o traço da mistura proporcional 1x3x3 (cimento, areia e pedra);
- Recomenda-se, sempre que possível, a utilização de pedra britada n.º 0 (zero) ou 1 (um);
- Os marcos deverão ser confeccionados antecipadamente, utilizando-se a forma metálica anteriormente descrita. Em locais de difícil acesso, os marcos poderão ser confeccionados *in loco*;

- Aplicar óleo queimado nas faces internas para facilitar a posterior retirada. O concreto deve ser vibrado com auxílio de vibrador portátil ou martelo de borracha;
- A chapa padrão IBGE deverá ser fixada no centro do topo do marco, quando a massa adquirir consistência suficiente. Excepcionalmente, a fixação poderá ser efetuada posteriormente, porém este procedimento não é recomendado; e
- As inscrições na chapa devem ser efetuadas antes de sua fixação no marco.

6.2.1.5 – Implantação

- Abrir uma cava com 50 cm de lado até uma profundidade de 20 cm;
- Reduzir a dimensão do lado da cava para 40 cm, acrescentando à profundidade inicial 80 cm;
- Introduzir massa até uma altura que diste 7 cm da borda da cava; e
- Assentar o marco, preencher o restante da cava com a massa da fundação.

A Figura 9 possibilita a visualização deste modelo de marco.

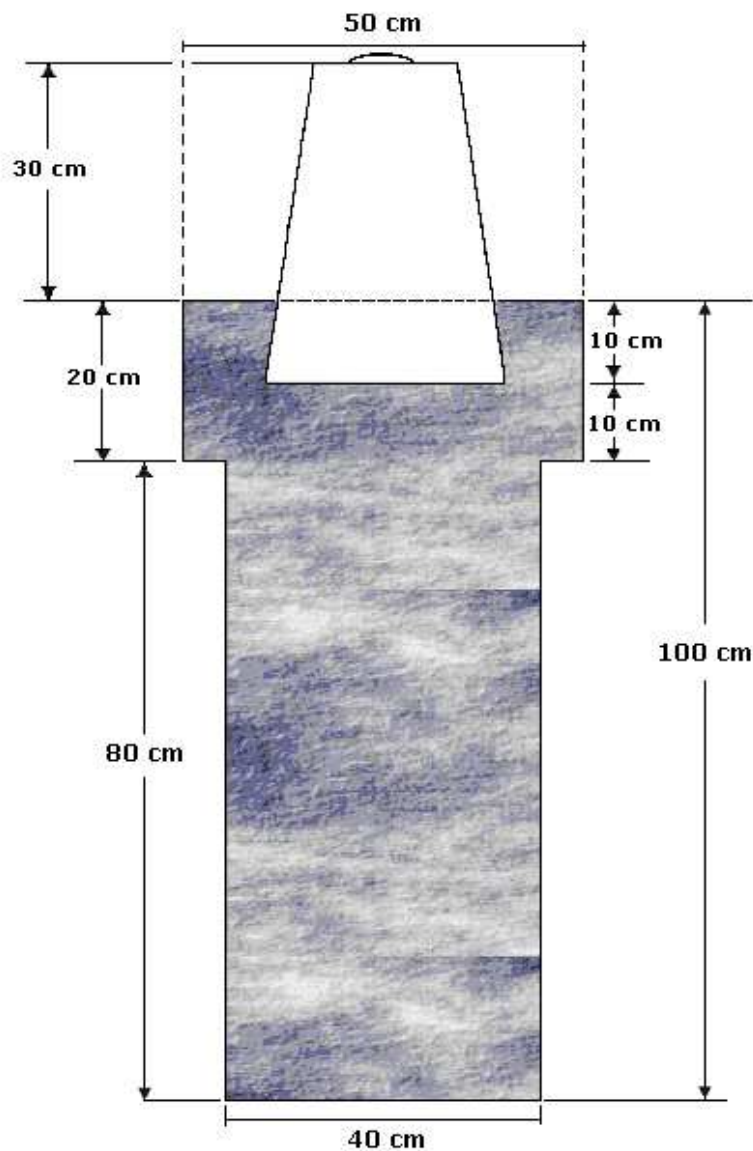


Figura 9 - Esquema de estabelecimento de marco.

- Com auxílio de régua de 50 cm de comprimento por 10 cm de altura, dotadas de dobradiças nas quinas, confecciona-se a sapata de proteção lateral, na qual será gravada em baixo relevo a denominação do marco, conforme indicado na Figura 10. Devem ser utilizadas letras de 5 cm. As Figuras 11 e 12 possibilitam a visualização do marco com a sapata de proteção.



Figura 10 - Marco padrão IBGE com identificação em baixo relevo.

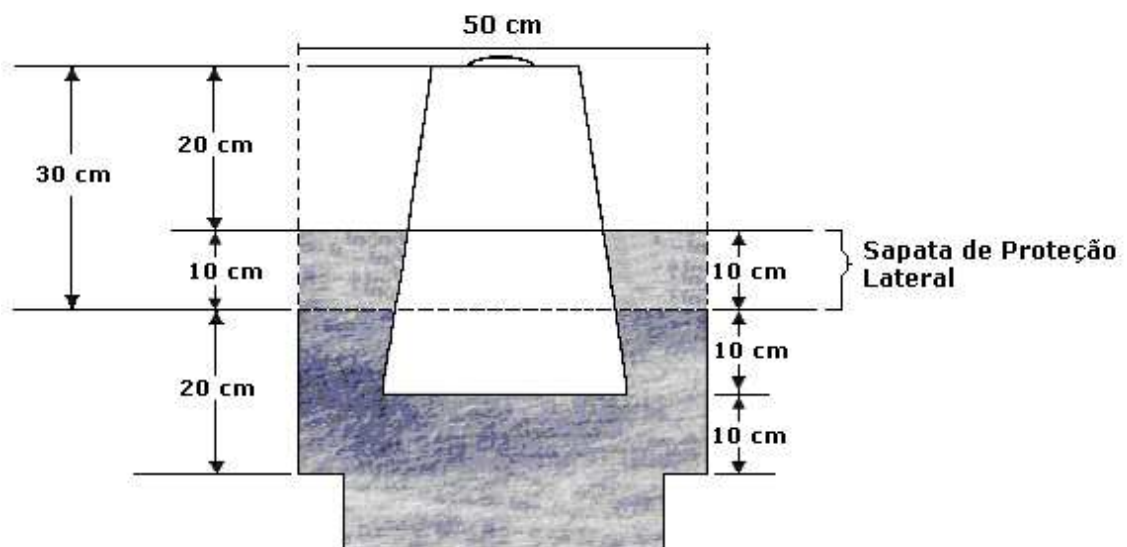


Figura 11 - Detalhe do marco com a sapata de proteção lateral.

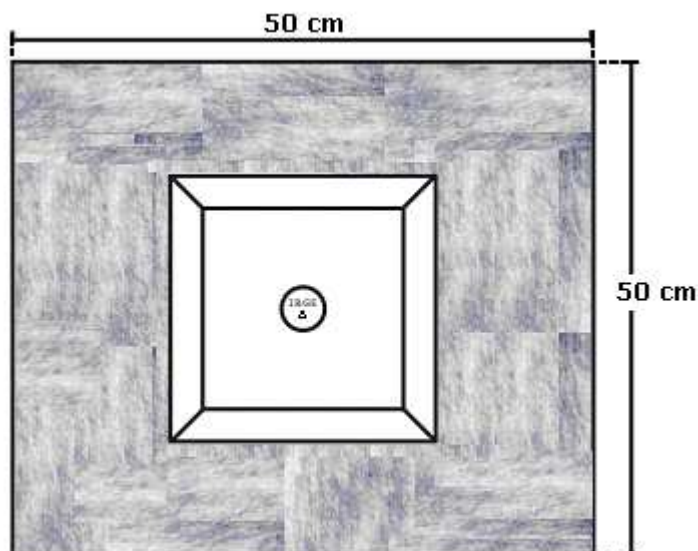


Figura 12 - Vista superior do marco com a sapata de proteção lateral.

- Em áreas de cultura deverá ser implantada sinalização constituída por 3 (três) tubos de PVC de 10 cm de diâmetro com estrutura em concreto, ou poste similar, aflorando 1,5 m do solo natural, pintando em faixas horizontais alternadas de 50 cm nas cores branca e laranja, distando 1,5 m do marco principal. Onde não houver disponibilidade de tinta laranja, a mesma deve ser obtida através da mistura de 2 (dois) galões de tinta amarela com $\frac{1}{2}$ (meio) galão de tinta vermelha.
- A cor laranja deverá ser aplicada na faixa do ápice da sinalização. A Figura 13 possibilita a visão do marco com os tubos de PVC.

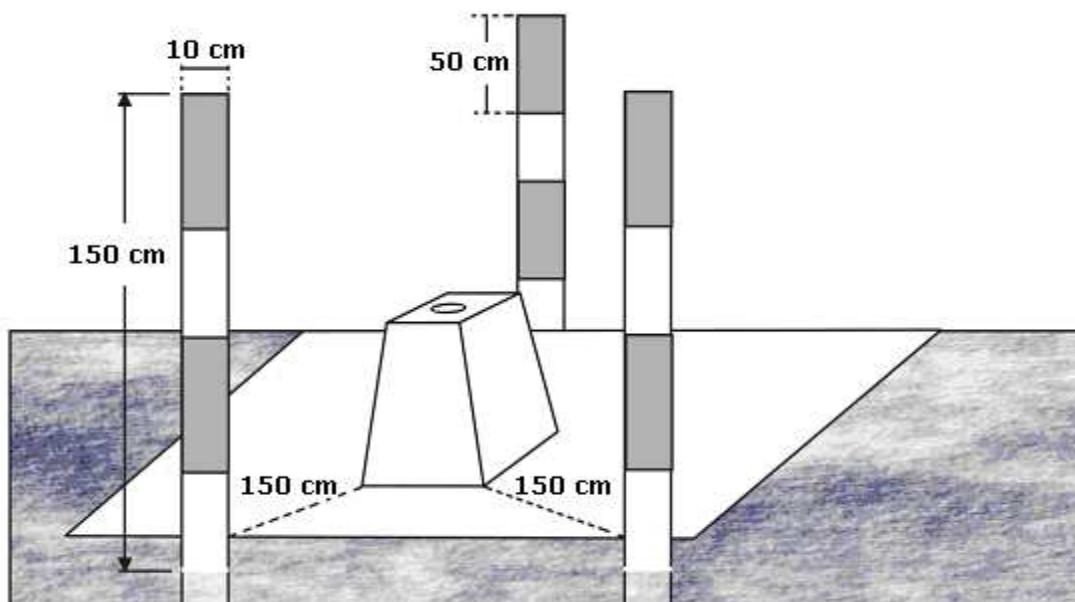


Figura 13 - Marco com sinalização para área de cultura.

- Em relação ao marco principal, a estação de azimute deverá estar situada a uma distância máxima de 500 m, devendo ser mantida a intervisibilidade entre eles;

- Deve ser desenhado no acostamento da estrada ou asfalto com tinta na cor laranja, 60 cm de altura, orientado para o marco, com rolo de pintura de 10 cm de largura, a inscrição R↑N, no caso de referência de nível, ou o código da estação, para os demais tipos de estação; e
- Os marcos deverão ser medidos após sua construção com 15 (quinze) dias de intervalo para regiões secas e 20 dias para regiões úmidas. As chapas cravadas poderão ser medidas após 1 (um) dia, quando a fixação ocorrer com resina, ou 3 (três) dias, com cimento.

6.2.1.6 – Plataforma Adicional de Proteção

- Os marcos devem receber a plataforma adicional de proteção construída a 10 cm da sapata de proteção lateral, utilizando-se a mesma massa com traço 1x3x3. A plataforma terá as dimensões de 20 cm de largura, 20 cm de altura e afluando 10 cm do solo natural, efetuando-se a amarração das quinas através de vergalhão dobrado em ângulo reto. A Figura 14 possibilita a visualização do detalhe da plataforma adicional.

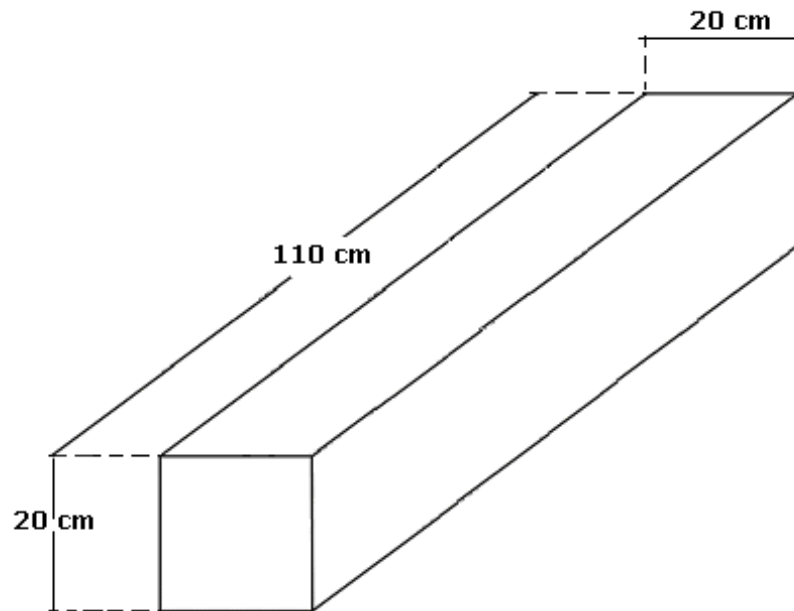


Figura 14 - Detalhe da plataforma.

As Figuras 15 e 16 exibem os detalhes da plataforma.

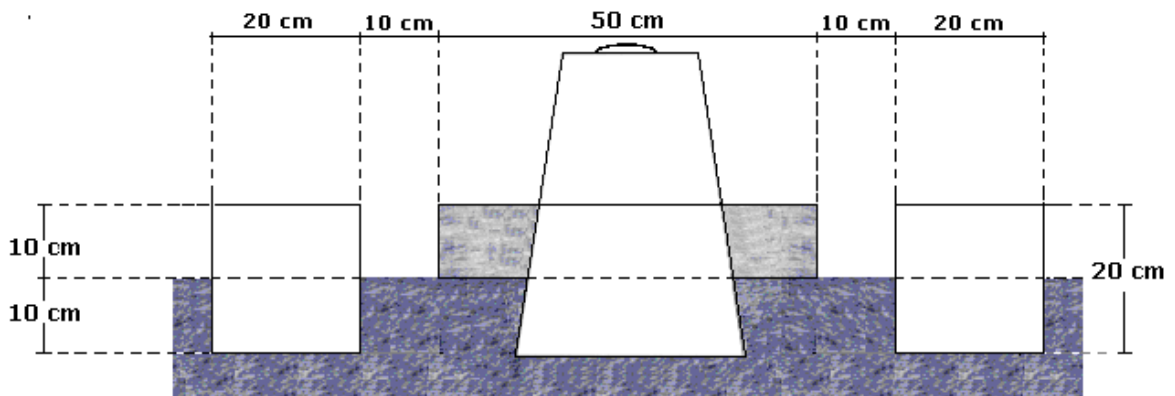


Figura 15 - Detalhe da plataforma com afloramento do solo.

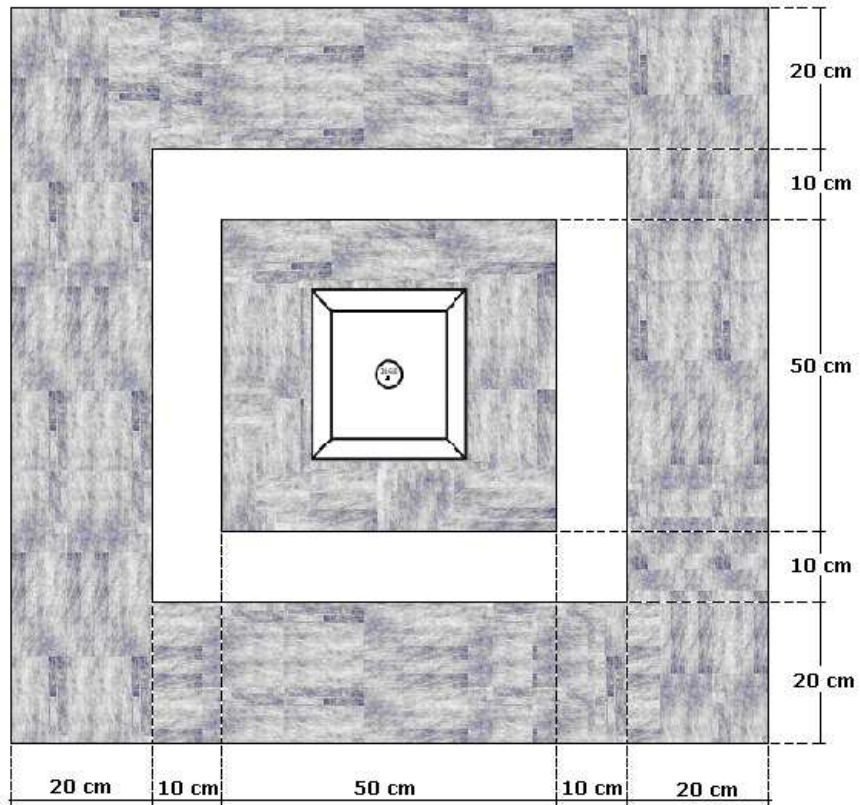


Figura 16 - Vista superior do marco com as plataformas de proteção lateral e adicional.

A Figura 17 possibilita a visualização completa do marco após sua construção.



Figura 17 - Marco padrão IBGE.

6.2.2 - Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no seu topo

6.2.2.1 – Tipo de dispositivo

- Disco

Aplicação

Pilar principal de Rede Estadual de Alta Precisão ou para estudos especiais (Redes Ativas).

- Pino

Aplicação

Marco principal das estações RBMC e de estações de rastreamento permanente (Redes Ativas)

6.2.2.2 – Formato e dimensão

O pilar deverá obedecer ao seguinte formato e dimensão:

- Formato cilíndrico
- Diâmetro de 30 cm
- Altura de 1,30 m
- Base retangular com 1,30 m x 1,00 m
- Base superior de alumínio ou similar com dispositivo de centragem forçada (disco) ou com pino ou parafuso de centragem forçada

6.2.2.3 – Forma

Para a construção deste marco deverá ser utilizada forma de PVC cilíndrica, com 0,30 m de diâmetro e 1,30 m de altura.

6.2.2.4 – Construção

- Será adotado o traço proporcional de cimento, areia e pedra britada 1x3x3.
- Recomenda-se sempre a utilização de pedra britada número 0 (zero) ou 1 (um).
- O marco deverá ser confeccionado no local onde deverá ser implantado, utilizando-se forma de PVC. Na forma de PVC deve ser aplicado óleo queimado nas faces internas, para facilitar a posterior retirada. O concreto deve ser vibrado com vibrador portátil ou martelo de borracha.
- Após a colocação da forma da sapata e da forma do pilar, com suas respectivas ferragens amarradas, travadas, niveladas e aprumadas; efetuar a introdução do concreto, primeiramente nas brocas, depois na sapata retangular, por último no pilar redondo.
- Colocar o concreto aos poucos e envolver o PVC com braçadeiras ou arame para evitar deformação. No caso de pino, o concreto deverá ser colocado até que falem cerca de 10 cm para o topo do pilar.
- Imediatamente após a concretagem do pilar, colocar no seu topo:
 - disco de imbuia com as mesmas dimensões do disco de alumínio, inclusive com os parafusos de fixação, tomando cuidado para que os parafusos fiquem no mesmo nível do disco de imbuia.

- forma de tubo de PVC de ½, até 10 cm de profundidade, e colocar massa ao seu redor. Nas partes internas e externas dessa forma deverá ser aplicado óleo queimado, para facilitar a retirada posterior.
- A forma de PVC do marco deverá ser retirada no prazo de 7 dias após a concretagem. Para facilitar a retirada da forma, o PVC deverá ser cortado nas laterais.
- O disco de imbuia deverá ser retirado, e no seu lugar fixado o disco de alumínio.
- Deverá ser colocada no pilar, na face de melhor visualização e a 20 cm abaixo do topo, chapa cravada padrão IBGE contendo a identificação de acordo com a norma para estação planimétrica (Figura 18).



Figura 18 - Pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo.

6.2.2.5 – Implantação

- O local de estabelecimento deverá ser público, como escolas, campus de universidades, etc; ter horizonte livre, solo firme, fácil acesso, segurança e, preferencialmente, próximo de fonte de energia elétrica.
- Abrir uma cava retangular de 1,40 m x 50 cm de lado com profundidade de 60 cm.
- A aproximadamente 20 cm da ponta da cava retangular abrir com trado de 20 cm de diâmetro um buraco até encontrar solo resistente ao trado.
- Fazer estacas com ferragens (ferro 3/8 de polegada) na mesma metragem dos buracos feitos com o trado, com pontos de amarração e introduzi-las nos buracos.
- Fazer radier de 1,30 m x 40 cm.
- Organizar a amarração da seguinte forma: estaca, *radier* e pilar, amarrá-la com arame recozido à armação de ferro da estaca. A ferragem do pilar deverá também ser amarrada com arame recozido à estrutura da sapata. Tomar cuidado com a ligação da ferragem do pilar com a da sapata, para não haver degola do pilar, colocando ferros de ligação.
- Após a colocação desta base retangular, introduzir massa com o traço especificado até cobri-la totalmente.
- Quando a massa da base retangular estiver com consistência suficiente, introduzir a forma do pilar, verticalizando a estrutura com auxílio de fio prumo de pedreiro, colocando escora para que na concretagem do marco não ceda.
- Após a concretagem, colocar no topo do marco:
 - disco de imbuia das mesmas dimensões do disco de alumínio, com os parafusos necessários para posterior fixação do disco definitivo; ou

- forma de PVC de ½ polegada para posterior fixação do pino ou parafuso de centragem forçada.
- A forma deverá ser retirada 7 dias após a concretagem.
- Após a retirada da forma será colocado o disco de alumínio definitivo, o qual será fixado pelos parafusos com rosca ou o pino / parafuso de centragem forçada, que será nivelado por equipamento específico e fixado com epóxi especial para ferro / concreto.

O Anexo 1 permite visualização de todas as etapas de construção do marco.
As Figuras 19, 20 e 21 permitem a visualização dessa etapa.

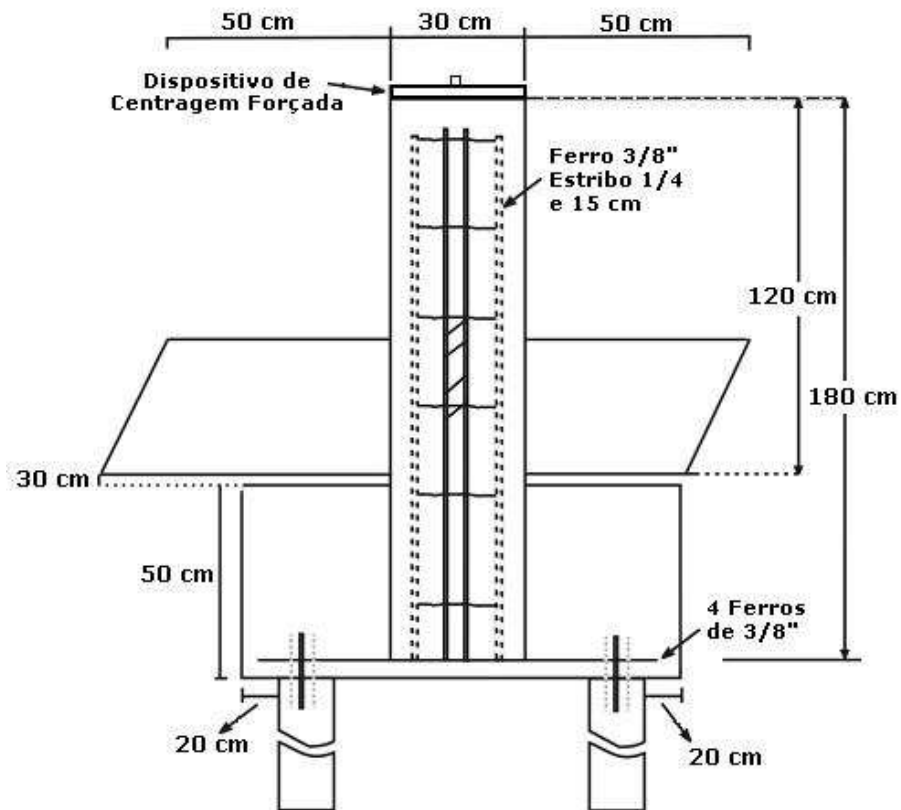


Figura 19 - Esquema do pilar de concreto com dispositivo centragem forçada.

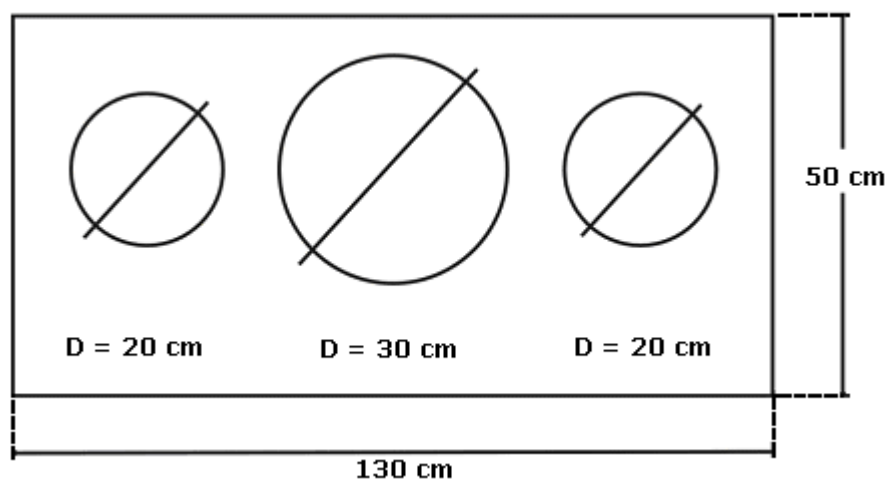


Figura 20 - Vista superior das formas.

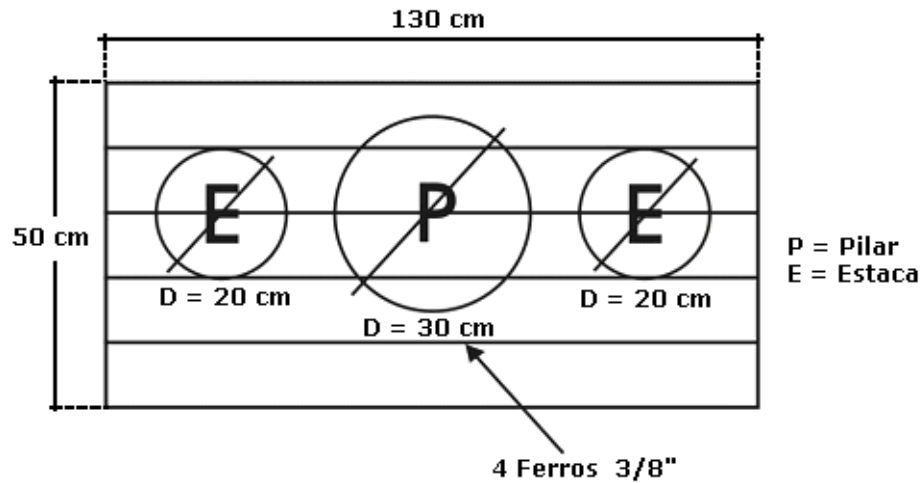


Figura 21 - Vista superior das ferragens.

6.2.2.6 - Tonalidade

- Deverá ser aplicado sobre o marco e a base retangular de proteção revestimento em tinta especial para cimentados na tonalidade laranja.

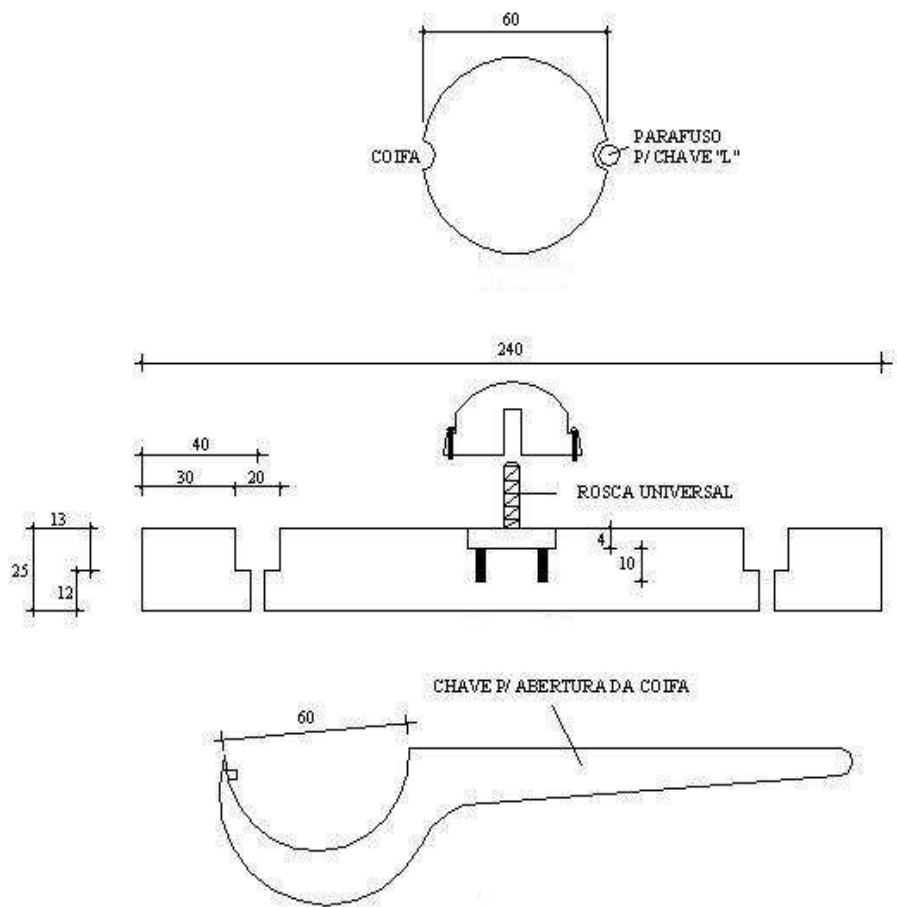
As Figuras 22, 23 e 24 possibilitam a visualização do dispositivo de centragem forçada padrão UFPR.



Figura 22 - Dispositivo de Centragem forçada padrão UFPR aberto.



Figura 23 - Dispositivo de Centragem forçada padrão UFPR fechado.



Todas as medidas apresentadas estão em milímetro

Figura 24 – Detalhamento do dispositivo de centragem forçada

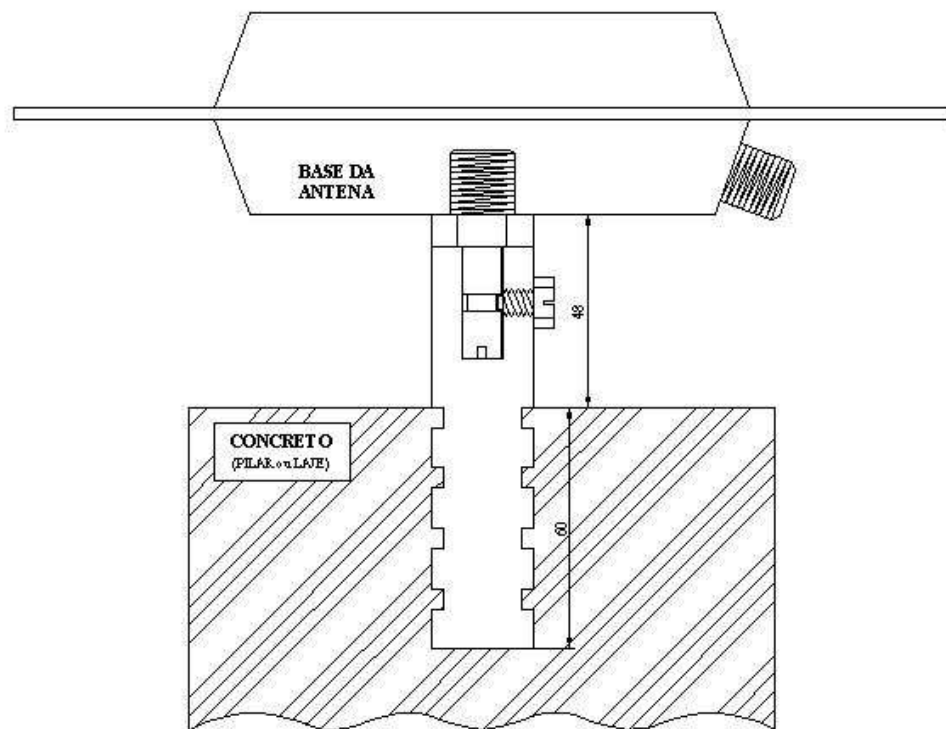
As Figuras 25 à 29 possibilitam a visualização do dispositivo de centragem forçada padrão IBGE.



Figura 25 - Componentes do pino de centragem forçada padrão IBGE.



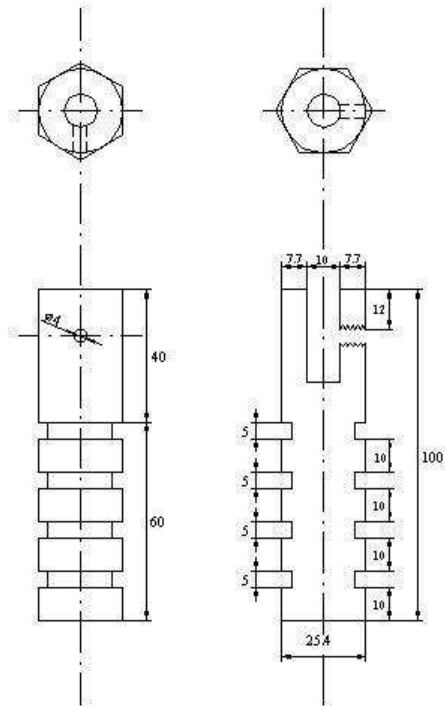
Figura 26 - Pino de centragem forçada padrão IBGE.



ESCALA 1:1

As medidas apresentadas estão em milímetro

Figura 27 - Componentes do pino de centragem forçada padrão IBGE.



As medidas apresentadas estão em milímetros

Figura 28 - Componentes do pino de centragem forçada padrão IBGE.

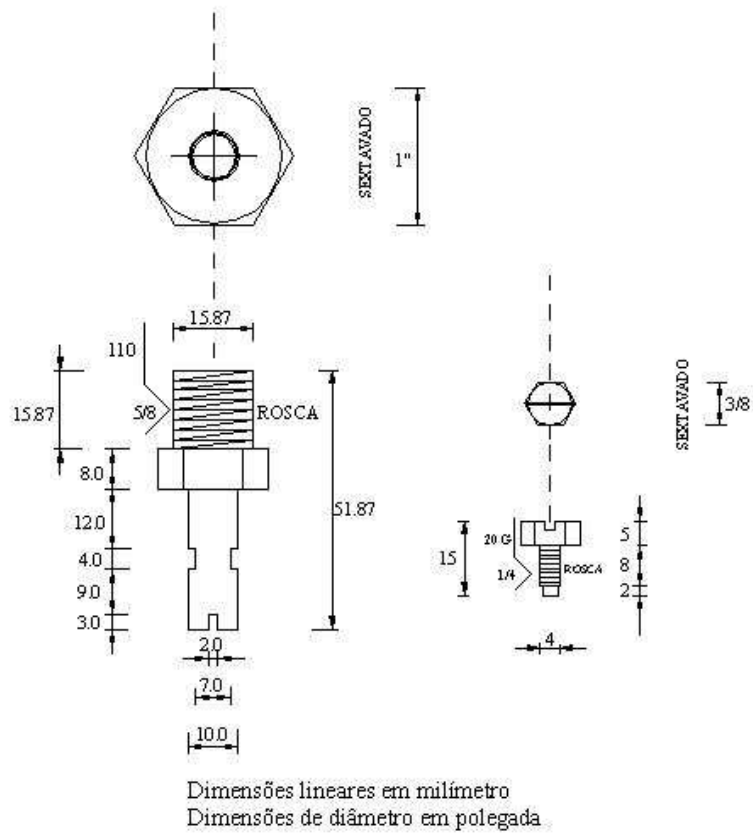


Figura 29 - Componentes do pino de centragem forçada padrão IBGE.

Anexo 1
Etapas de construção de um marco



Abertura do buraco conforme dimensões especificadas



Colocação das ferragens das estacas e do pilar devidamente engastadas na ferragem da base



Colocação do concreto



**Parte inferior do marco concretada
(Observar o tempo de cura do concreto para
os procedimentos seguintes)**

Base do marco concretada



**Colocação da forma do pilar na base do marco (o PVC penetra na base)
Recomenda-se a colocação de óleo queimado no interior do PVC para facilitar sua retirada**



Concretagem do pilar (cerca de 3 latas de 15 litros de concreto para dar sustentação e permitir verificação da verticalidade do marco)



Verificação da verticalidade do pilar



Colocação do dispositivo de centragem forçada



Pilar concretado aguardando a cura



Exemplo do marco pronto



ETAPA DE MEDIÇÃO: Marco com a antena do GPS

