

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALYNE RAMINELLI SIGUEL

**MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA
MAUÁ UTILIZANDO IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL**

**CURITIBA
2013**

ALYNE RAMINELLI SIGUEL

MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA
MAUÁ UTILIZANDO IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Área de Concentração em Geodésia, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis Faggion

CURITIBA
2013

Siguel, Alyne Raminelli

Monitoramento da barragem da usina hidrelétrica Mauá utilizando irradiação tridimensional / Alyne Raminelli Siguel. – Curitiba, 2013. 171f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

Orientador: Pedro Luis Faggion

1. Barragens de concreto. 2. Barragens e açudes - Segurança. 3. Usinas hidrelétricas. I. Faggion, Pedro Luis. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD: 621.312134

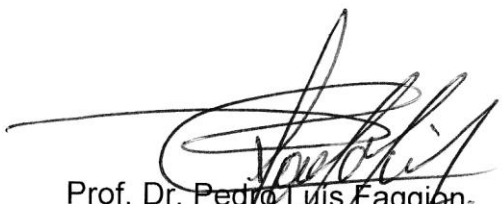
TERMO DE APROVAÇÃO

ALYNE RAMINELLI SIGUEL


*"MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ
UTILIZANDO IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL"*

Dissertação nº 261 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

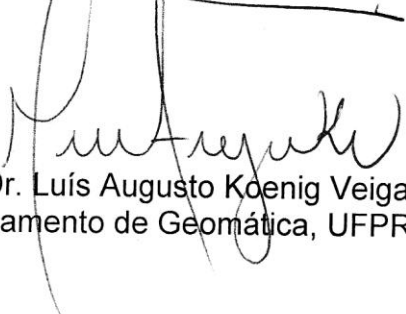
Orientador:



Prof. Dr. Pedro Luis Faggion-
Departamento de Geomática, UFPR



Prof. Dr. Dante Alves Medeiros Filho
Universidade Estadual de Maringá, UEM



Prof. Dr. Luís Augusto Koenig Veiga
Departamento de Geomática, UFPR



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

Curitiba, 30 de janeiro de 2013.

Dedico este trabalho aos meu pais, Luiz e Luzia.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pela eterna companhia, saúde e força para trilhar os caminhos da vida.

A minha família, pelo carinho, apoio, dedicação e incentivo, lembrando principalmente dos meus pais, Luiz e Luzia e meu irmão Luiz Henrique.

Ao meu namorado Luiz Gabriel, por estar sempre ao meu lado, me incentivando, apoiando e acreditando o quanto eu seria capaz. Pelos ótimos momentos, sorrisos e a felicidade que sua companhia me traz.

Ao Prof. Dr. Pedro L. Faggion, agradeço por sua dedicação, amizade, preocupações, apoio e incentivo. Pela orientação, conselhos e contribuições prestadas durante todo o decorrer do desenvolvimento deste projeto.

Ao Prof. Dr. Luís A. Koenig Veiga, Prof.^a Dr. Regiane Dalazoana, Prof. Dr. Álvaro Muriel Lima Machado e Prof. Dr. Carlos A. Nadal pelas contribuições inestimáveis e pelas sugestões que serviram ao enriquecimento deste trabalho.

A Universidade Federal do Paraná, através do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), por disponibilizar os laboratórios de Instrumentação Geodésica (LAIG) e Laboratório de Topografia (LABTOPO), bem como todos os equipamentos e instalações constantes nestes locais.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

Aos meus colegas de graduação e amigos do CPGCG, Mônica Cristina, Ana Aoki, Sibeles Mazur, Adelton Oliveira, Luiz Morescki, Igor Ribeiro, Miguel Muguio, Wander da Cruz, Niarkios Graça e Rafael Mohl.

Aos alunos da iniciação científica, Letícia Missae e Marcelo Matos pela ajuda no desenvolvimento do projeto.

A ANEEL e COPEL pelo apoio financeiro no projeto intitulado “Levantamento geológico-estrutural da região e entorno da barragem da UHE Mauá, uma abordagem inovadora para o monitoramento geodésico nos pontos de risco”.

A todos os professores e alunos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, que direta e indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar, não apenas planejar, mas também acreditar.”

Anatole France

RESUMO

Com a finalidade de verificar a estabilidade de pontos de monitoramento previamente selecionados e materializados a montante e a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá, localizada no rio Tibagi, entre os municípios de Ortigueira e Telêmaco Borba, aplicou-se o método de irradiação topográfica tridimensional para determinar suas coordenadas. O procedimento adotado consiste em utilizar uma estação total robotizada para efetuar observações de ângulos verticais, direções horizontais e distâncias inclinadas de trinta e quatro alvos distribuídos por toda a estrutura de barramento. O estudo do comportamento dos pontos monitorados se dá pela comparação de suas coordenadas entre duas ou mais épocas distintas. Para isso, estabeleceu-se uma rede geodésica materializada por meio de pilares de concreto, dotados de um sistema de centragem forçada e construídos de forma que a fundação alcançasse as rochas da região, garantindo assim sua estabilidade. Estes, servem como referência para o monitoramento dos pontos irradiados e são considerados estáveis ao longo do tempo. Após distintas campanhas de levantamentos, realizadas antes e durante a formação do reservatório, utilizou-se um aplicativo em ambiente *MatLab*, desenvolvido para as finalidades deste projeto, onde são feitas análises e correções nos dados obtidos. Posteriormente são calculadas as coordenadas tridimensionais dos pontos monitorados utilizando, como dito, o método de irradiação 3D. A determinação e a comparação das coordenadas permitem que sejam obtidas as variações, ou seja, as diferenças das coordenadas dos pontos. Como resultados são apresentadas as coordenadas nas diferentes campanhas de levantamentos e as análises estatísticas utilizadas para a avaliação dos dados. Observou-se diferenças nas coordenadas de alguns pontos a montante ao nível de significância de 5%, o que pode indicar possíveis deslocamentos. A jusante este mesmo comportamento não foi verificado.

Palavras-Chave: Monitoramento de estruturas, Levantamentos Geodésicos e Irradiação tridimensional.

ABSTRACT

In order to check the stability of monitored points previously selected and materialized upstream and downstream of the Mauá Hydroelectric Plant dam, located in Tibagi river, between the cities of Ortigueira and Telêmaco Borba, the 3D irradiation topographic method was held to determine the coordinates of these points. The procedure adopted consists in using a robotic total station to perform observations of vertical angles, horizontal directions and sloping distances of thirty-four targets distributed throughout the dam structure. The study of the behavior of monitored points is given by the comparison of their coordinates, between two or more distinct epochs. For this, it was established a geodetic network materialized by concrete pillars, equipped with a system of forced centering and constructed so that the foundation reached the rocks of the region, thereby ensuring the stability. These, serve as a reference for monitoring the irradiated points and are considered stable throughout time. After different surveys campaigns, carried before and during the formation of the reservoir, it was used an application in MatLab environment, developed for the purpose of this project, where analyzes and corrections are done in the data obtained. After these considerations, the three-dimensional coordinates of the monitored points are calculated using, as said, the 3D irradiation method. The determination and comparison of the coordinates allows the obtainment of the variations, i.e., the differences of the coordinates of the points. As a result, the coordinates obtained in the various surveys campaigns and statistical analyzes used for data evaluation are presented. It can be stated that there was a significant difference in the coordinates of some points upstream, at a significance level of 5%, which may indicate possible displacements. This same behavior was not observed in downstream.

Key words: Monitoring structures, Geodesic surveys, Three-dimensional irradiation

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VISTA GERAL DA PRAÇA DE CCR DA UHE DE SALTO CAXIAS	26
FIGURA 2 - COMPORTAS DA USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ	27
FIGURA 3 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DO MÉTODO POLAR	36
FIGURA 4 - ERROS EM MED PROVOCADOS POR VARIAÇÕES EM TEMPERATURA E PRESSÃO	39
FIGURA 5 - SISTEMÁTICA UTILIZADA NO MONITORAMENTO TRIDIMENSIONAL DA BARRAGEM DA UHE MAUÁ	41
FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ	42
FIGURA 7 - USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ	43
FIGURA 8 - ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205	45
FIGURA 9 - ERROS VERIFICADOS E AJUSTADOS ELETRONICAMENTE	46
FIGURA 10 – PRISMA GPR112 E PROTETOR	47
FIGURA 11 - PRISMA CIRCULAR GPR1	48
FIGURA 12 - PRISMA CIRCULAR GPR 111	48
FIGURA 13 - POSIÇÕES APROXIMADAS DOS PILARES QUE FORMAM A REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO DA UHE MAUÁ	49
FIGURA 14 – ESQUEMA CONSTRUTIVO DOS PILARES GEODÉSICOS	50
FIGURA 15 - ESQUEMA CONSTRUTIVO DO PILAR GEODÉSICO PGG01	51
FIGURA 16 - SISTEMA DE CENTRAGEM FORÇADA.....	52
FIGURA 17 – PILAR GEODÉSICO PG03 E GRADES DE PROTEÇÃO	52
FIGURA 18 - PEÇA UTILIZADA PARA TRAVAR O PARAFUSO CALANTE	54
FIGURA 19 – (A) BASE NIVELANTE FORA DE NÍVEL E OS PLANOS π E π' . (B) BASE NIVELANTE FORA DE NÍVEL E O PLANO π . (C) BASE NIVELADA E OS PONTOS A, B E C PERTENCENTES AO PLANO π	54
FIGURA 20 - MEDIDA DA ALTURA DA BASE UTILIZANDO PAQUÍMETRO	55
FIGURA 21 - PARAFUSO CALANTE TRAVADO POR MEIO DA PEÇA DESENVOLVIDA E DA ABRAÇADEIRA.....	55
FIGURA 22 - ALTURA DO PINO E DO PRISMA GPR111	56
FIGURA 23 - POSIÇÕES APROXIMADAS DOS PONTOS ONDE FORAM FEITAS AS SÉRIES DE LEITURAS COM O NÍVEL DIGITAL	57
FIGURA 24 - PROCESSO PARA A OBTENÇÃO DA ALTURA DOS CONJUNTOS DE BASES E PRISMAS	58
FIGURA 25 - POSIÇÕES APROXIMADAS DOS PONTOS ONDE FORAM FEITAS AS SÉRIES DE LEITURAS NA ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205.....	59
FIGURA 26 - PROCEDIMENTO DE OBSERVAÇÃO DOS ÂNGULOS VERTICAIS DA ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205 NO COLIMADOR	60
FIGURA 27 - PRISMA GPR112 NO MURO DA BARRAGEM.....	64
FIGURA 28 - PINO DE MONITORAMENTO A MONTANTE	64

FIGURA 29 - PRISMA GPR111 NA CRISTA A MONTANTE DA BARRAGEM	65
FIGURA 30 - HASTE E PRISMAS INSTALADOS NA ESCADARIA A JUSANTE DA BARRAGEM	66
FIGURA 31 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA HASTE METÁLICA	66
FIGURA 32 - DISPOSIÇÃO APROXIMADA DOS ALVOS IMPLANTADOS A JUSANTE DA BARRAGEM.....	67
FIGURA 33 - CROQUI DAS POSIÇÕES APROXIMADAS DOS ALVOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE DA BARRAGEM.....	68
FIGURA 34 - DISPOSIÇÃO APROXIMADA DOS ALVOS IMPLANTADOS A MONTANTE DA BARRAGEM.....	68
FIGURA 35 - CROQUI COM A DISPOSIÇÃO APROXIMADA DOS ALVOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE	69
FIGURA 36 – LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NOS ALVOS A JUSANTE	70
FIGURA 37 – PRISMA GPR112 PRESO COM UM SUPORTE EM FORMA DE “U”.....	70
FIGURA 38 - BARÔMETRO E TERMO HIGRÔMETRO DIGITAL.....	71
FIGURA 39 - LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NOS ALVOS A MONTANTE (ESTAÇÃO – PG01, RÉ– PG02).....	72
FIGURA 40 - LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NOS ALVOS A MONTANTE (ESTAÇÃO – PG02, RÉ– PG01).....	72
FIGURA 41 - FORMATO DE SAÍDA DE DADOS MANFRA	73
FIGURA 42 - FORMATO DO ARQUIVO DE DADOS PARA O CÁLCULO DE COORDENADAS 3D NO APLICATIVO COORD_3D.....	74
FIGURA 43 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DOS PROCEDIMENTOS EXECUTADOS NO APLICATIVO COORD_3D	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ERROS INSTRUMENTAIS, EFEITOS E COMO PODEM SER ELIMINADOS	47
TABELA 2 - ÂNGULOS VERTICAIS DA ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205.....	60
TABELA 3 - CAMPANHAS DE MONITORAMENTO NA UHE MAUÁ.....	62
TABELA 4 - COORDENADAS TOPOGRÁFICAS DOS PILARES GEODÉSICOS PG01, PG02 E PG03	63
TABELA 5 - AZIMUTES DAS DIREÇÕES PG01-PG02, PG02-PG01 E PG02-PG03.....	63
TABELA 6 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 1	79
TABELA 7 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 3.....	80
TABELA 8 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 4.....	80
TABELA 9 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 5.....	81
TABELA 10 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 6.....	81
TABELA 11 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 7.....	82
TABELA 12 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 1.....	83
TABELA 13 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 3.....	83
TABELA 14 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 4.....	84
TABELA 15 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 5.....	84
TABELA 16 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 6.....	85
TABELA 17 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 7.....	85
TABELA 18 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 1.....	86
TABELA 19 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 2.....	87
TABELA 20 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 3.....	87

TABELA 21 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 4.....	88
TABELA 22 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 5.....	88
TABELA 23 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 6.....	89
TABELA 24 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 7.....	89
TABELA 25 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 1.....	94
TABELA 26 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 3.....	94
TABELA 27 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 4.....	95
TABELA 28-COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 5.....	95
TABELA 29 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 6.....	96
TABELA 30 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICO PG01 E PG02 NA ÉPOCA 7.....	96
TABELA 31 – VARIAÇÕES DOS PONTOS QUE ULTRAPASSAM OS VALORES ADMISSÍVEIS E RESPECTIVOS RESULTADOS DOS TESTES PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS E DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG01.....	99
TABELA 32 - VARIAÇÕES DOS PONTOS QUE ULTRAPASSAM OS VALORES ADMISSÍVEIS E RESPECTIVOS RESULTADOS DOS TESTES DE COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS E DE DUAS VARIÂNCIAS OBTIDOS PARA O PG02.....	101
TABELA 33 - VARIAÇÕES DOS PONTOS QUE ULTRAPASSAM OS VALORES ADMISSÍVEIS OBTIDOS ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02, E RESPECTIVOS RESULTADOS DOS TESTES DE COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS E DE DUAS VARIÂNCIAS.....	103

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
ATR [®]	- Reconhecimento Automático de Alvos
BIG	- Banco de Informações de Geração
CBDB	- Comitê Brasileiro de Barragens
CCR	- Concreto Compactado com Rolo
CGH	- Central Geradora hidrelétrica
CNEN	- Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNRH	- Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
CPGCG	- Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
<i>DoD</i>	- Ingl. <i>United States Department of Defense</i>
GNSS	- Ingl. <i>Global Navigation Satellite Systems</i>
GPS	- Ingl. <i>Global Positioning System</i>
ITRF	- Ingl. International Terrestrial Reference Frame
LAIG	- Laboratório de Instrumentação Geodésica
LGO [®]	- <i>Leica GeoOffice</i>
mmHg	- Milímetros de mercúrio
MGE	- Marco Geodésico Externo
MSU	- Marco de Superfície
MW	- Megawatt
NAVSTAR	- Ingl. <i>Navigation System with Time and Ranging</i>
OURI	- Ourinhos
PCH	- Pequena Central hidrelétrica

ppm	- Parte por milhão
PPP	- Posicionamento por Ponto Preciso
PNSB	- Política Nacional de Segurança de Barragens
PRGU	- Estação Guarapuava da RBMC
PRMA	- Estação Maringá da RBMC
PS [®]	- <i>PowerSearch</i>
RBMC	- Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
SIN	- Sistema Interligado Nacional
SNISB	- Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
TPS	- Estação Total
TWh	- Terawatt-hora
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UGGI	- União Geodésica e Geofísica Internacional
UHE	- Usina Hidrelétrica de Energia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS	20
1.1.1 Objetivo Geral	20
1.1.2 Objetivos Específicos	20
1.2 JUSTIFICATIVA.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E RESERVAS ENERGÉTICAS.....	23
2.2 BARRAGENS	24
2.2.1 Barragens de Concreto Compactado com Rolo	25
2.3 SEGURANÇA DE BARRAGENS	27
2.4 MONITORAMENTO DE BARRAGENS.....	29
2.4.1 Monitoramento Geotécnico	32
2.4.2 Monitoramento Geodésico	33
2.5 MÉTODOS DE LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS APLICADOS AO MONITORAMENTO DE GRANDES ESTRUTURAS.....	35
2.5.1 Irradiação Tridimensional	35
2.5.3 Posicionamento por Satélite.....	37
2.5.3.1 Posicionamento Relativo Estático	38
2.6 CORREÇÕES AMBIENTAIS DE DISTÂNCIAS	38
3. METODOLOGIA	41
3.1 USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ.....	42
3.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	43
3.2.1 Estação Total TCRA1205.....	44
3.2.1.1 Ajuste do Equipamento	45
3.2.2 Prisma Refletor	47
3.3 REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA UHE MAUÁ	49

3.3.1 Pilares da Rede Geodésica de Monitoramento	50
3.3.2 Manutenção da Altura dos Conjuntos de Bases e Prismas e da Estação Total	53
3.4 CAMPANHAS DE MONITORAMENTO DA UHE MAUÁ	62
3.5 COORDENADAS DOS PILARES GEODÉSICOS.....	62
3.6 IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS PONTOS DE MONITORAMENTO.....	63
3.6.1 Instalação dos prismas refletores.....	63
3.6.2 Irradiação Tridimensional	69
3.7 CÁLCULO DAS COORDENADAS TRIDIMENSIONAIS	73
4. RESULTADOS	79
4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	90
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	105
5.1 CONCLUSÕES	105
5.2 RECOMENDAÇÕES.....	109
REFERÊNCIAS	110
APÊNDICES	117

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país favorecido por recursos naturais que se transformam em fontes de produção de energia, fonte esta vital ao desenvolvimento econômico e social. Ao todo, há no território nacional 2.679 empreendimentos em operação, que geram eletricidade através de diversas fontes, como carvão, petróleo, eólica e hidrelétrica. Neste contexto, a energia proveniente de usinas hidrelétricas corresponde a 65,33% da potência total gerada (BRASIL, 2012).

De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), existem 424 pequenas centrais hidrelétricas em operação (PCH), 201 usinas hidrelétricas de energia (UHE) e 388 centrais geradoras hidrelétricas (CGH). Estas classificações são feitas de acordo com a potência instalada, ou seja, uma CGH tem até 1 MW (megawatt) de potência, a PCH possui entre 1,1 MW e 30 MW e a UHE tem mais de 30 MW. A potência instalada também determina se ela é de grande, médio ou pequeno porte (BRASIL, 2008).

Atualmente, 63 novas usinas que utilizam fontes hidrelétricas estão sendo construídas e há ainda mais 200 empreendimentos que já foram outorgados (BRASIL, 2012). A segurança destas construções constitui uma preocupação permanente para as entidades governamentais tanto por sua importância econômica como pelo risco potencial que representa a possibilidade de ruptura ou outro acidente grave, em termos de vidas humanas, impacto ao meio ambiente, prejuízos materiais e reflexos econômico-financeiros (ELETROBRÁS, 2003).

Visto tal importância, os sistemas de inspeção e observação de obras de engenharia¹, em especial de barragens, estão em crescente valorização tanto nos meios técnicos nacionais quanto internacionais (CRUZ, 2004). Entre as formas existentes para monitorar estas estruturas estão os métodos geodésicos e geotécnicos. No primeiro, determinam-se deslocamentos absolutos, ou seja, pontos que se localizam fora da estrutura ou da região afetada pelo reservatório são tomados como referência para as observações realizadas na barragem, neste caso, podem ser conciliadas diversas técnicas de posicionamento como trilateração,

¹ Será adotado o termo “obra de engenharia” sempre que for mencionada alguma intervenção antrópica, seja qual for sua aplicação (ex: barragens, pontes, edifícios, etc.).

triangulação e posicionamento por satélite. Já no método geotécnico determinam-se deslocamentos relativos, onde os pontos de referência localizam-se na própria estrutura e são instalados instrumentos específicos como extensômetros e pêndulos. Ressalta-se que no monitoramento geodésico também podem ser determinados deslocamentos relativos, caso os pontos de referência se localizem na estrutura.

Neste trabalho apresenta-se uma proposta para o monitoramento tridimensional de alvos engastados na barragem da Usina Hidrelétrica Mauá, localizada no rio Tibagi, entre os municípios de Ortigueira e Telêmaco Borba. Isto é feito com o objetivo de verificar a estabilidade dos pontos monitorados utilizando o método geodésico. Neste contexto, serão analisadas as coordenadas obtidas entre campanhas distintas, antes e durante a formação do reservatório, indicando se houve ou não a movimentação dos pontos previamente selecionados. Estas informações quando devidamente analisadas por profissionais habilitados, em conjunto com outros dados, servem ao gerenciamento e controle da segurança da usina.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Monitorar o comportamento de pontos previamente selecionados na estrutura da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá através do método de irradiação tridimensional.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Complementar a implantação da rede geodésica de monitoramento situada na região da Usina Hidrelétrica Mauá;
- Determinar coordenadas tridimensionais para os pilares que compõem a rede geodésica estabelecida;
- Implantar um conjunto de 17 prismas refletores na estrutura da barragem a jusante;
- Implantar um conjunto de 17 prismas refletores na estrutura da barragem a montante;
- Estabelecer um procedimento para medir e manter a altura dos conjuntos de bases e prismas bem como da estação total, utilizados no monitoramento;
- Realizar o monitoramento dos pontos onde são instalados os prismas a montante e a jusante da barragem, utilizando o método de irradiação tridimensional;
- Desenvolver um aplicativo em ambiente *MatLab* para calcular as coordenadas tridimensionais dos pontos de monitoramento;
- Aplicar testes estatísticos para avaliar o conjunto de coordenadas determinadas; e
- Analisar os possíveis deslocamentos dos pontos de monitoramento.

1.2 JUSTIFICATIVA

A instrumentação e o estudo do comportamento de obras de engenharia possuem relevância nos dias atuais, pois tem como finalidade a observação destes empreendimentos. Neste contexto, estão inclusas as barragens, obras que geralmente são associadas a um elevado potencial de risco devido à possibilidade de um eventual colapso, desta forma, toda barragem deve ser instrumentada de acordo com seu porte e riscos associados (BRASIL, 2002).

A construção e operação de usinas hidrelétricas estão relacionadas com importantes benefícios econômicos, pois a energia gerada é um dos fatores determinantes a diversas ações humanas. Sabe-se que um colapso nestas estruturas pode causar a liberação de uma grande quantidade de água, causando perdas catastróficas ao longo dos vales dos rios, tanto em termos de vidas humanas como de bens econômicos. Devido a este fato, em muitos países existem legislações que regulamentam o controle e a segurança de barragens com base em regras específicas (CASTRO; HENRIQUES, 2008). No Brasil, segundo a Eletrobrás, deve ser previsto um sistema de instrumentação com vistas à auscultação do comportamento dessas estruturas para as fases de construção, do enchimento do reservatório e da operação.

A equipe de pesquisadores vinculados ao grupo de Geodésia Aplicada a Engenharia, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), desenvolve atividades de pesquisa no monitoramento de grandes estruturas, com destaque para barragens, há um longo período. Desta forma, decidiu-se elaborar uma proposta para o monitoramento tridimensional da UHE Mauá.

A metodologia adotada, utilizando o método geodésico, pode servir como referência ao monitoramento de outros empreendimentos. Para isso, empregou-se o método de irradiação 3D, onde as observações são realizadas com o auxílio de uma estação total robotizada, o que acaba por agilizar o procedimento na obtenção dos dados e minimizar a influência do observador. Estes, permitem a formação de um conjunto adicional de elementos que servirão ao gerenciamento e controle da segurança da usina, devendo ser analisados pela empresa responsável juntamente com outras informações.

Justifica-se a escolha do método por apresentar como vantagens a agilidade obtida com o instrumental utilizado, o que permite obter um maior volume de dados em menor tempo, melhorando a precisão e a confiabilidade das medidas efetuadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E RESERVAS ENERGÉTICAS

Uma central hidrelétrica, independentemente de seu porte, é constituída por diversos componentes cuja função principal é captar e aduzir a água para o conjunto turbina e gerador, que são os elementos responsáveis pela transformação da energia hidráulica em eletricidade (FILHO *et al.*, 2008). As centrais hidrelétricas são compostas essencialmente pela barragem, a casa de força e os dispositivos de condução do fluxo (condutos forçados, túneis ou canais) (MASON, 1988). Por sua vez, a barragem é composta pelo vertedouro, pela bacia de dissipação e por outros componentes de controle, segurança e manutenção (FILHO *et al.*, 2008).

Em muitos países, entre eles o Brasil, existe uma necessidade crescente do fornecimento de energia. Segundo a edição 2007, do *International Energy Outlook*, dos Estados Unidos, a geração hidroelétrica² e outras fontes renováveis crescerão cerca de 56% nos próximos 24 anos. Segundo esta mesma fonte, a geração hidroelétrica é responsável por cerca de 19% da oferta elétrica mundial, onde a Europa e a América do Norte já desenvolveram quase todo o seu potencial (aproximadamente 70%), restando ainda cerca de 70% a ser explorada na América do Sul.

O Brasil faz parte do grupo de países em que a produção de eletricidade é maciçamente proveniente de usinas hidrelétricas. Estas correspondem a 65,72% da potência instalada no país e geraram em 2005, 93% da energia requerida no Sistema Interligado Nacional (SIN). Cabe notar que apenas cerca de 30% do potencial hidrelétrico brasileiro se encontra explorado, proporção bem menor do que a observada nos países industrializados (BRASIL, 2007).

Baseado em estudo do *World Energy Council*³ (citado por BRASIL, 2007) pode-se estimar que o potencial tecnicamente disponível para aproveitamento

² Central hidroelétrica - instalação na qual a energia potencial e cinética da água é transformada em energia elétrica.

³ *World Energy Council* (Conselho Mundial de Energia) - É uma rede de líderes e profissionais, formado por membros de diversas organizações que tem como objetivo informar estratégias energéticas globais, regionais e nacionais, através de eventos, publicando estudos e trabalhando através de sua rede para facilitar o diálogo mundial sobre a política energética.

hidráulico no mundo corresponde a aproximadamente 15.899 TWh/ano. Cerca de 65% desse recurso está concentrado em apenas 10 países. Nesse *ranking*, o Brasil ocupa o terceiro lugar, sendo superado apenas pela China e Estados Unidos.

Atualmente, segundo a ANEEL, há no Brasil mais de mil usinas hidrelétricas em operação, desta forma, deve haver meios de verificar sua segurança a fim de reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências. Barragens são obras associadas a um grande potencial de danos podendo causar impactos sociais e econômicos, perdas de vidas humanas, ao meio ambiente, e ao próprio empreendimento (BRASIL, 2010). Desta forma, buscou-se utilizar métodos de monitoramento comumente usados em Geodésia para identificar e quantificar possíveis movimentos nestas construções, propiciando informações que devidamente analisadas em conjunto com outros dados, pela empresa responsável, indicam se a estrutura está segura.

2.2 BARRAGENS

O termo barragem pode ser entendido como qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (BRASIL, 2010). Neste contexto, as barragens de aproveitamentos hidráulicos têm por objetivo interromper o curso normal de um rio e permitir a formação de um reservatório. Estes têm entre suas funções formar o desnível necessário para a geração da energia, permitir a captação da água em volume adequado e regularizar a vazão do rio em períodos de chuva ou de estiagem (BRASIL, 2008).

As barragens podem ser construídas com diferentes materiais, tais como: terra, rocha, madeira ou concreto, como é o caso da barragem da UHE Mauá, construída com a tecnologia de concreto compactado com rolo (CCR) e concreto convencional (vertedouro). Nesta escolha devem ser observados os aspectos técnicos e econômicos. O técnico envolve principalmente aspectos geológicos, como as características dos materiais disponíveis no local, as características geológicas do terreno, os processos construtivos que serão utilizados e, às vezes, aspectos meteorológicos. Dos tipos tecnicamente viáveis, será escolhido o que resultar em

menores investimentos. Na definição do local de sua implantação deve-se levar em conta as características topográficas, geológicas e ambientais, verificando ainda se o terreno apresenta condições adequadas para suportar os esforços resultantes da construção da barragem e da formação do reservatório (FILHO *et al.*, 2008).

2.2.1 Barragens de Concreto Compactado com Rolo

O Concreto Compactado com Rolo (CCR) é uma técnica construtiva onde o concreto possui consistência seca, que no estado fresco pode ser produzido, transportado, espalhado e compactado por meio dos mesmos equipamentos de construção que são utilizados para barragens de terra e enrocamento⁴, podendo satisfazer as especificações de projeto de concreto-massa convencional (FILHO, 2005; KUPERMAN, 2005; MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O desenvolvimento da tecnologia do CCR vem crescendo desde a década de 80, tendo como principal aplicação a construção de barragens. Esta técnica compete diretamente com as barragens de concreto-massa convencional, substituindo muitas vezes as de terra e de enrocamento (ANDRADE, 1997). A possibilidade da construção deste tipo de empreendimento depende das condições geológicas, hidrológicas, técnicas e econômicas do local.

Concreto-massa pode ser definido como aquele concreto lançado em grandes volumes e que requer meios especiais para combater a geração de calor e as variações volumétricas (MEHTA; MONTEIRO, 1994). A necessidade de tornar competitivas as construções de concreto para barragens de aproveitamentos hidráulicos fez com que o concreto-massa evoluísse para o CCR, visando o aumento de produtividade em função da velocidade de construção e do baixo consumo de cimento, gerando economia (FILHO, 2005).

A utilização do CCR mostra-se vantajosa segundo Watanabe *et al.* (2008) e Filho (2005) por várias razões, entre as quais pode-se citar:

- Baixo consumo de mão de obra por volume unitário;

⁴ Barragem de pedra ou de enrocamento são barragens formadas por blocos de pedras que variam de tamanho de acordo com as condições locais e com o projeto estabelecido.

- Alta capacidade de colocação, diminuindo o tempo de execução em relação a outros processos construtivos de barragem de concreto, ou em relação a outro tipo de solução;
- Geração de processo industrial confiável, com melhoria de qualidade ao longo do tempo; e
- Baixo consumo total de material em relação às soluções que utilizam materiais soltos, impactando menos o meio ambiente.

Existem duas metodologias para a construção de barragens com CCR: a tradicional, que consiste em aplicar camadas horizontais, e o método rampado, que basicamente lança camadas formando uma rampa (GUIMARÃES; LIMA, 2005). Na Figura 1 é possível visualizar a praça de CCR construída na UHE de Salto Caxias.

FIGURA 1 – VISTA GERAL DA PRAÇA DE CCR DA UHE DE SALTO CAXIAS



FONTE: MARQUES FILHO (2005)

A primeira obra de grande porte de CCR foi construída nos Estados Unidos, a barragem de *WillowCreek* em 1982 (ANDRIOLO, 1989). No Brasil, a primeira barragem deste tipo foi construída em 1986 e é conhecida como Saco de Nova Olinda. Esta localizada na Paraíba, tem 56 m de altura, 138.000 m³ de concreto e foi concluída em 110 dias (ANDRADE *et al.*, 2003). Terminada em 1998, a barragem da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias tem 67 m de altura e 945.000 m³ de CCR, a de maior volume de concreto do país (WATANABE *et al.*, 2008).

A construção mais recente é a UHE Mauá, composta por uma barragem de 632.796m³ de concreto compactado com rolo, 745 m de comprimento na crista e 85 m de altura máxima (Figura 2). Esta, iniciou sua operação comercial no dia 23 de novembro de 2012, gerando energia para o abastecimento do Sistema Interligado Nacional (SIN) (CONSÓRCIO ENERGÉTICO CRUZEIRO DO SUL, 2012).

FIGURA 2 - COMPORTAS DA USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ



FONTE: A autora (2012)

O volume recorde de lançamento de CCR utilizado nesta construção é de 5.137 m³ usados diariamente, chegando a um uso de 89.896m³ mensal. A potência da usina principal é de 350 MW, logo é considerada uma estrutura de grande porte (CONSÓRCIO ENERGÉTICO CRUZEIRO DO SUL, 2012).

2.3 SEGURANÇA DE BARRAGENS

Visando garantir a segurança das barragens, ou seja, buscando uma condição que mantenha a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente, foi aprovada a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Esta estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

A referida Lei, em seu artigo 3º, traz como principais objetivos os seguintes itens:

Garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências;

Regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional; e

Promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens.

É abordada também a classificação das barragens. Esta deve ser feita pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). No artigo 7º são observadas algumas descrições:

A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem; e

A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

Para que uma barragem seja considerada segura deve apresentar um bom desempenho, ou seja, satisfazer aos critérios de projeto quanto às exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes, no que diz respeito aos aspectos estrutural e operacional, econômicos, ambientais e sociais. Para verificar se a estrutura atende aos requisitos citados devem ser realizadas inspeções e avaliações técnicas, cujo objetivo é identificar os problemas e recomendar tanto reparos corretivos, como restrições operacionais (BRASIL, 2002; MENESCAL, 2005).

Visando estabelecer parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos de segurança a serem adotados em novas barragens e manter as já construídas em um estado de segurança compatível com seu interesse social e de desenvolvimento, foram criados manuais de segurança de barragens. Um exemplo, é o Guia Básico de Segurança de Barragens (CBDB, 1999).

A responsabilidade pela segurança das barragens no Brasil, em todas as fases, isto é, construção, comissionamento, operação e eventual abandono, respondendo pelas consequências de incidentes e acidentes é sempre do proprietário e do concessionário (BRASIL, 2002). Quanto à fiscalização, como existem barragens com objetivos diferentes, a responsabilidade deve ser dividida entre as instituições, conforme estabelecido pela Constituição Federal. Por exemplo, as barragens hidrelétricas são de responsabilidade da ANEEL (órgão federal), pois são de competência da União. Da mesma forma, as barragens com resíduos nucleares são de competência da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e as barragens de resíduos industriais são da responsabilidade do setor ambiental (MENESCAL, 2009).

2.4 MONITORAMENTO DE BARRAGENS

Ao iniciar o estudo sobre o monitoramento de barragens é importante compreender o significado das palavras auscultação e instrumentação, definidos no livro "Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas" elaborado pela Eletrobrás⁵ em 2003:

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

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

No início do século passado a instrumentação de auscultação de barragens limitava-se às medições topográficas de deslocamento. No entanto, à medida que a altura das mesmas aumentava e suas geometrias adquiriram formas mais arrojadas, técnicas de medição foram desenvolvidas e tornaram-se essenciais nas grandes

⁵ A Eletrobrás é uma companhia do setor energético, controlada pelo governo brasileiro, que atua nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

barragens, tanto para a avaliação de seu desempenho como para suas condições de segurança (CBDB, 1996).

Segundo Cruz (2004), há uma crescente valorização dos sistemas de inspeção e observação de obras de engenharia civil, em especial de barragens, em face dos custos e riscos relativos aos grandes empreendimentos. Ele afirma que os principais meios de que o engenheiro dispõe para avaliar a segurança destas construções ao longo de sua “vida útil” são: inspeções visuais, auscultação geodésica de deslocamentos verticais e/ou horizontais, levantamentos batimétricos e instrumentação de auscultação.

Castro e Henriques (2008) dizem que o princípio para o controle da segurança de grandes estruturas está embasado na comparação entre as “respostas” observadas (obtidas através do monitoramento) e as calculadas em projeto (deslocamentos, tensões, taxa de fluxo, etc.) obtidas por meio de modelos numéricos.

Estes mesmos autores afirmam que a medida de deslocamentos planimétricos (x,y) de pontos localizados em barragens, são uma das grandezas mais importantes para caracterizar o comportamento de uma estrutura. Para medir estes deslocamentos duas metodologias independentes podem ser aplicadas: a primeira é baseada nos métodos geotécnicos, onde podem ser utilizados vários equipamentos, entre eles fios de prumo ou pêndulos. A outra é baseada no método geodésico. Ambos são complementares e coexistem em muitas das barragens de concreto portuguesas desde 1940. Os deslocamentos podem ser monitorados utilizando-se metodologias diferentes e independentes, pois se evitam erros sistemáticos associados a um determinado método (CASTRO; HENRIQUES, 2008).

O *Department of The Army* (1994), dos Estados Unidos, também classifica as técnicas de medição e instrumentação para o monitoramento geométrico das deformações de estruturas em dois grupos: os levantamentos geodésicos que incluem os levantamentos terrestres, posicionamento por satélites, fotogramétrico e algumas técnicas especiais (interferometria, nivelamento hidrostático e outros); e as medidas geotécnicas e estruturais de deformações locais, utilizando extensômetros, inclinômetros, fios de prumo, etc. Da mesma maneira, Chrzanowski⁶ (1986, citado

⁶ CHRZANOWSKI, A. ***Geotechnical and other non-geodetic method in deformation measurement.*** 1986, In: *Proceedings of the Deformation Measurement Workshop*. Oct 31 – Nov 1, Ed: Yehuda Bock, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, pp.112-152

por Setan *et al.* 2003) diz que, em geral, os métodos de medição podem ser divididos em duas categorias, os geodésicos e os não geodésicos. O método de monitoramento geodésico de estruturas envolve a determinação das coordenadas de pontos medidos a partir de uma rede de referência. Já o método não geodésico emprega instrumentação especializada utilizada na engenharia geotécnica e estrutural. O método geodésico é muito útil e fornece uma visão global da deformação. Enquanto os métodos não geodésicos são benéficos para prover medidas de pontos específicos (CHRZANOWSKI, 1986, CITADO POR SETAN *ET AL.* 2003).

Castro e Henriques (2008), no trabalho intitulado “Monitoramento de deslocamentos planimétricos de barragens de concreto” fazem uma comparação entre dois métodos que têm sido aplicados nas medidas de deslocamentos. O primeiro é o que utiliza pêndulos instalados no interior da estrutura, e o segundo faz uso da Geodésia aplicada por meio de um sistema de medidas indiretas, onde são observadas direções horizontais, verticais e distâncias utilizando-se uma estação total robotizada (Leica TCA2003) equipada com um sistema de reconhecimento automático de alvos – ATR[®]. O monitoramento planimétrico é realizado na grande barragem portuguesa de Alqueva, que se localiza no rio Guadiana. Como resultado, os autores afirmam que não houveram diferenças significativas nas medidas realizadas entre os dois métodos.

Atualmente há um crescente interesse em correlacionar as informações dos sensores geotécnicos e geodésicos para desenvolver um “modelo de deformação” integrado (CRANENBROECK; BALAN, 2012). Segundo Mauro e Cranenbroeck (2012), a integração das medidas a partir de ambos os sensores, a nível de processamento, irá permitir verificações simultâneas e definitivamente melhorar os parâmetros do modelo de deformação que são a base para a gestão de riscos. As condições necessárias para satisfazer esta abordagem são a sincronização do tempo das observações, o que significa criar relações geométricas entre os sensores em um período de tempo comum.

Objetiva-se neste trabalho avaliar tridimensionalmente, ou seja, analisar as coordenadas de pontos instalados na estrutura da barragem da UHE Mauá. Estes, possuem posições previamente determinadas, onde são instalados prismas refletivos que tem suas coordenadas obtidas através do método de irradiação 3D.

Neste caso, são medidos com uma estação total robotizada direções horizontais, ângulos verticais e distâncias inclinadas.

A determinação das coordenadas dos pontos podem ser altimétricas (z), planimétricas ou bidimensionais (x, y) ou planialtimétricas, também chamadas de tridimensionais (x, y, z). É comum mencionar o termo planimétrico, no entanto, isto é uma simplificação, pois as coordenadas não são necessariamente determinadas sobre um plano na geodésia, sendo isto aplicável apenas na topografia (VEIGA *et al.*, 2012, não publicado)⁷.

Monitorar uma estrutura geodesicamente corresponde à determinação e comparação de coordenadas de pontos obtidos em duas ou mais épocas (SOARES, *et al.* 2004). Desta forma, devem-se realizar campanhas periódicas de observações, o que permite verificar se houve variações significativas nas coordenadas, que se devidamente analisadas podem indicar possíveis deslocamentos.

2.4.1 Monitoramento Geotécnico

Os três principais objetivos da instrumentação de barragens são: verificar as hipóteses, critérios e parâmetros adotados em projeto, verificar a adequação dos métodos construtivos e checar as condições de segurança das obras (CRUZ, 2004). Sendo assim, as medidas geotécnicas têm sido empregadas em grandes obras de engenharia, onde vários tipos de instrumentos são implantados no corpo estrutural das mesmas, como por exemplo, piezômetros para a verificação de pressões e medidores de recalques da fundação para avaliação de deformações totais e diferenciais (CRUZ, 2004). A instalação destes e outros dispositivos permitem a avaliação do comportamento das estruturas de barramento durante o período de construção e ao longo de todo o tempo de operação (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Chrzanowski *et al.* (1986), afirma que os levantamentos realizados com instrumentos geotécnicos fornecem informações precisas sobre as deformações e são facilmente adaptáveis. Estes independem das condições ambientais ou da visibilidade, mas fornecem apenas informações locais de pontos distintos.

⁷ VEIGA L. A. K. *et al.* Primeiro relatório técnico do projeto intitulado: **Levantamento geológico-estrutural da região e entorno da barragem da UHE Mauá, uma abordagem inovadora para o monitoramento geodésico nos pontos de risco.** Curitiba 2012. Não publicado.

Castro e Henriques (2008), dizem que a utilização de pêndulos, ou seja, equipamentos geotécnicos, também têm como vantagem fornecer informações precisas e que atualmente podem ser facilmente incluídos nos sistemas automáticos de aquisição de dados. Já os métodos geodésicos fornecem informações não apenas sobre a barragem, mas também sobre a fundação e sobre a área que a circunda. Como campanhas geodésicas são mais caras, são menos frequentes, mas são muito importantes para a validação das leituras realizadas com os pêndulos.

Já o *Department of The Army* (1994) diz que as medidas geotécnicas são localizadas e sem qualquer verificação, a menos da comparação com outras medidas independentes. Contudo, estes instrumentos são mais fáceis de serem adaptados para o monitoramento automático e contínuo do que os instrumentos geodésicos convencionais. Como vantagem tem-se que instrumentos geotécnicos, uma vez instalados, requerem apenas verificações esporádicas com relação ao seu funcionamento.

Cruz (2004) afirma que apesar do inegável valor da instrumentação em obras de engenharia, o monitoramento geotécnico está sujeito a diversas limitações, como:

- Em várias situações, mais especialmente na medição de tensões, a instalação do instrumento pode ser conduzida de tal modo que altere significativamente as condições prevalecentes no local, obtendo-se portanto um valor falso; e
- Os instrumentos indicam um comportamento médio das estruturas e não os extremos de comportamento, os quais constituem dados de grande importância;

Estas e outras limitações e vantagens deste tipo de monitoramento podem ser verificadas em Cruz (2004).

2.4.2 Monitoramento Geodésico

O monitoramento geodésico pode ser realizado por meio de diversos métodos, que segundo Chrzanowski *et al.* (1986) proporcionam alta precisão e fornecem informações globais sobre o comportamento do objeto deformável.

Conforme o *Department of The Army* (1994), os levantamentos geodésicos têm sido utilizados para a determinação de deslocamentos absolutos de pontos selecionados na superfície do objeto em relação a alguns pontos de referência que são assumidos como sendo estáveis. É importante esclarecer que quando os pontos de referência estão localizados na estrutura, apenas deslocamentos relativos podem ser determinados. Deslocamentos absolutos são estimados se os pontos de referência estão localizados fora da estrutura ou da região afetada pelo reservatório. Kahmen e Faig (1988) dizem que os métodos geodésicos são utilizados para detectar movimentos absolutos, enquanto os métodos físicos ou geotécnicos são aplicados para detectar movimentos relativos. Entretanto, o monitoramento relativo também pode ser efetuado por métodos geodésicos, caso o ponto de referência esteja localizado na estrutura.

Ainda segundo o *Department of The Army* (1994) os levantamentos geodésicos terrestres exigem trabalho intensivo e requerem observadores ágeis. No entanto, com o desenvolvimento tecnológico é possível utilizar alguns modelos de equipamento digitais que melhoram a precisão das observações e acabam por minimizar a influência do observador, tornando este tipo de levantamento mais ágil, pois melhora o rendimento em campo e facilita a operação do instrumental utilizado.

Como tem mostrado Cranenbroeck e Balan (2012), a combinação de sensores geodésicos tem alcançado a precisão necessária para o monitoramento de usinas hidrelétricas. Segundo estes autores, a combinação de sistemas de navegação global (GNSS) e estações totais automáticas tem sido utilizada para selecionar os melhores locais para os pontos de referência bem como dos pontos a serem monitorados. Essa combinação de tecnologias, GNSS e TPS[®] (estação total), já provou sua eficiência em diversos projetos (mineração, construção civil, monitoramento da superfície do solo, etc.), mas foi em 2005 que pela primeira vez tal sistema foi aplicado com sucesso para lidar com as especificações de precisão desafiadora da construção de Torre de *Burj Dubai* em Dubai (um dos edifícios mais altos do mundo).

2.5 MÉTODOS DE LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS APLICADOS AO MONITORAMENTO DE GRANDES ESTRUTURAS

No âmbito dos levantamentos geodésicos alguns métodos são utilizados para o monitoramento de grandes estruturas, entre eles estão o nivelamento geométrico de primeira ordem, levantamento gravimétrico, posicionamento GNSS, irradiações, triangulações e trilaterações. Adiante serão descritas as metodologias empregadas no monitoramento da UHE Mauá.

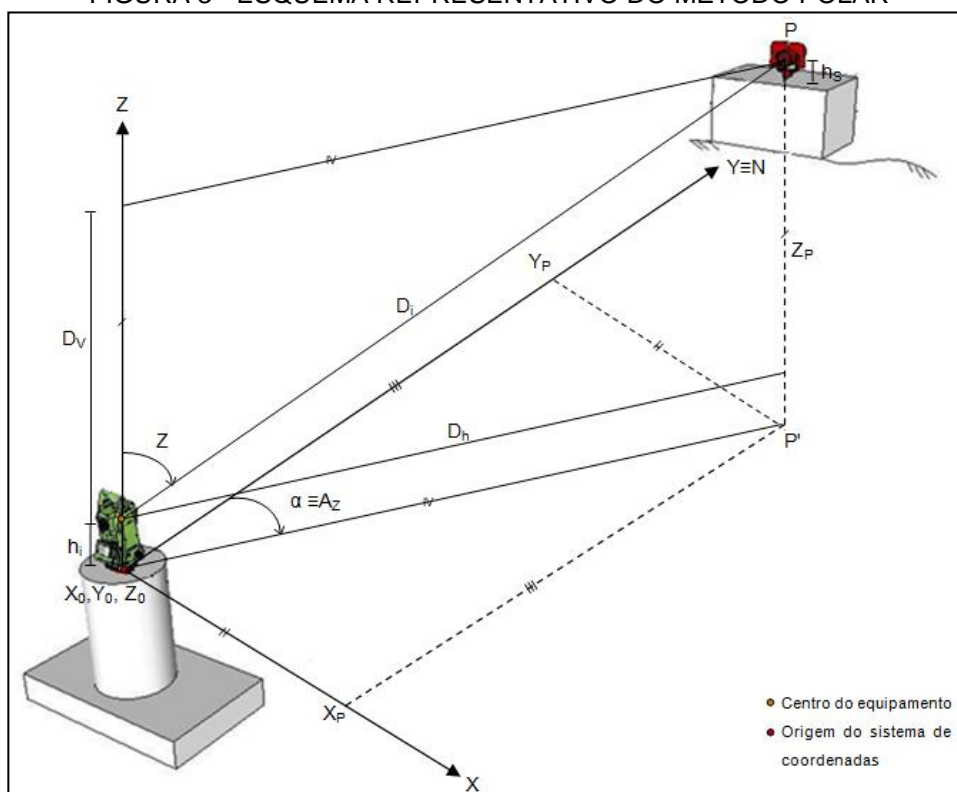
2.5.1 Irradiação Tridimensional

A determinação das coordenadas tridimensionais de um ponto pode ser obtida através do método de irradiação 3D ou também chamado em algumas literaturas de polar. Este, é baseado na medida de direções horizontais, ângulos verticais e distâncias dos pontos de interesse em relação a uma direção conhecida, tomada como referência. Atualmente, as observações são realizadas empregando-se os medidores eletrônicos de distância, que funcionam com portadora laser ou com medidores tradicionais. Estes, dependendo do modelo, podem ou não utilizar refletores posicionados nos pontos de interesse (KAHMEN E FAIG, 1988).

Três eixos (retas orientadas) ortogonais entre si formam um sistema de coordenadas tridimensionais ortogonal que serve para fornecer coordenadas espaciais de um ponto, ou seja, defini a posição deste ponto do espaço. Para que um ponto seja estabelecido de forma única é necessário determinar suas coordenadas cartesianas ortogonais X, Y e Z, onde X é denominado de abscissa, Y de ordenada e Z de cota (MIRANDA *et al.*, 2009).

Nos sistemas de coordenadas cartesianas tridimensionais trabalha-se com coordenadas polares, muitas vezes denominadas de coordenadas esféricas ou cilíndricas (MIRANDA *et al.*, 2009). Estas coordenadas são: ângulo horizontal (α) medido no plano XY, ângulo zenital (Z) medido no plano vertical que contém o eixo Z e o ponto observado, e a distância inclinada (d_i) medida do equipamento ao ponto considerado (Figura 3). Na figura 3 o eixo de coordenadas não está no centro do equipamento, pois já está reduzido da altura do instrumento.

FIGURA 3 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DO MÉTODO POLAR



FONTE: A autora (2012)

As coordenadas cartesianas tridimensionais dos pontos de interesse são obtidas através das Equações 1, 2 e 3:

$$X_P = X_0 + D_i \operatorname{sen} Z \cdot \operatorname{sen} A_z \quad (1)$$

$$Y_P = Y_0 + D_i \operatorname{sen} Z \cdot \operatorname{cos} A_z \quad (2)$$

$$Z_P = Z_0 + (h_i - h_s + D_i \operatorname{cos} Z) \quad (3)$$

onde:

X_P, Y_P, Z_P - Coordenadas do ponto P no referencial local;

X_0, Y_0, Z_0 - Coordenadas da origem;

h_i - Altura do instrumento;

h_s - Altura do sinal;

D_i - Distância inclinada;

A_z - Azimute (considerando que o eixo Y esta orientado para a direção norte); e

Z - Ângulo zenital.

2.5.3 Posicionamento por Satélite

O GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é o termo adotado para os sistemas de navegação globais baseados em satélites artificiais, que tem como função proporcionar dados de navegação em tempo real, bem como serviços de posicionamento em diversos níveis de precisão. Inclui importantes características como disponibilidade, integridade e fornecimento de um serviço contínuo aos usuários (SEEBER, 2003).

Dentro do conceito de GNSS encontram-se duas gerações, o GNSS-1 e o GNSS-2. O primeiro é baseado no NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging*) e no GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), sendo aumentado por componentes civis. Já o GNSS-2, conta com os satélites do Bloco IIF do NAVSTAR-GPS e o sistema Europeu GALILEO (SEEBER, 2003).

O NAVSTAR-GPS ou simplesmente GPS, como é comumente conhecido, é um sistema de radionavegação que fornece informações precisas de posição, velocidade e tempo (SEEBER, 2003). Na concepção deste sistema assume-se que no mínimo quatro satélites com posições conhecidas estejam sempre disponíveis a qualquer instante, permitindo a determinação em tempo real da posição do usuário (MONICO, 2008).

O posicionamento através do GPS pode ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, as quais fornecem níveis de precisão que variam desde algumas dezenas de metros até poucos milímetros (IBGE, 2008). Segundo Monico (2008), posicionamento diz respeito à determinação da posição de objetos com relação a um referencial específico. Pode então ser classificado em posicionamento absoluto, quando as coordenadas estão relacionadas diretamente ao geocentro, e relativo, no caso em que as coordenadas são determinadas em relação a um referencial específico, materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. O objeto a ser posicionado pode estar em repouso ou em movimento, no primeiro, trata-se de um posicionamento estático, enquanto o segundo diz respeito ao posicionamento cinemático. Atualmente, tem sido bastante utilizado o sistema de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), este é um serviço on-line para o pós-processamento de dados GPS, ele permite aos usuários obterem coordenadas de boa precisão no

Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) (IBGE, 2013).

No método relativo o tipo de posicionamento divide-se em estático, estático rápido com uma ocupação, estático rápido com reocupação, cinemático, *stop and go* e pseudocinemático (SEEBER, 2003). No entanto, neste trabalho, será descrito apenas os conceitos básicos da técnica de posicionamento relativo estático, pois foi a técnica utilizado para rastrear os vértices da rede geodésica de monitoramento da UHE Mauá.

2.5.3.1 Posicionamento Relativo Estático

O posicionamento relativo caracteriza-se pela observação simultânea dos sinais dos satélites em pelo menos duas estações distintas, tomando uma como ponto base de coordenadas conhecidas (estação de referência), o que contribui para uma significativa redução de erros, especialmente do erro do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera e outra como itinerante (IBGE, 2008).

No método de posicionamento relativo estático tanto o receptor da estação de referência quanto o da estação com coordenadas a determinar permanecem estacionários (IBGE, 2008). A principal aplicação deste tipo de levantamento é na determinação de coordenadas geodésicas, onde o tempo de observação pode variar de dezenas de minutos até várias horas. Isto depende da distância entre as estações (linha de base), da precisão requerida, número de satélites rastreados, a geometria entre os satélites (diluição da precisão - DOP), observáveis utilizadas, entre outros fatores (MONICO, 2008).

2.6 CORREÇÕES AMBIENTAIS DE DISTÂNCIAS

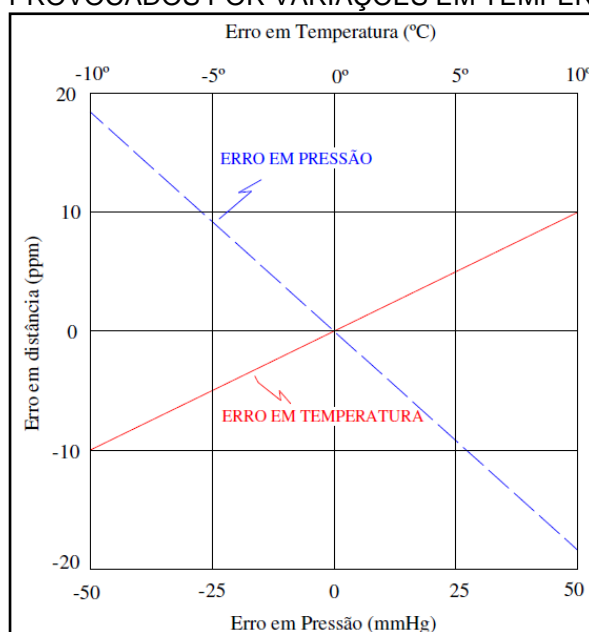
A medida da distância é geralmente considerada como a grandeza mais fundamental entre todas as observações efetuadas em topografia (GHILANI; WOLF, 2012). Estas podem ser obtidas através dos métodos diretos, onde a observação é processada diretamente sobre a grandeza procurada, através da comparação com

um valor padrão, ou então indiretamente, utilizando o tempo e a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética, onde através de modelos matemáticos torna-se possível calcular os valores de interesse (GHILANI; WOLF, 2012; VEIGA *et al.*, 2012).

A umidade relativa do ar, a pressão atmosférica e a temperatura causam os chamados erros naturais nas operações que realizam medidas com os MED, pois afetam o índice de refração e modificam o comprimento de onda da energia eletromagnética (GHILANI; WOLF, 2012).

A magnitude do erro na medida da distância devido a pressão atmosférica e a da temperatura é indicada na Figura 4. Um erro de medição de 10°C em temperatura, ou uma diferença de pressão de 25 mmHg (milímetros de mercúrio), produz um erro na distância de cerca de 10 ppm (partes por milhão) (GHILANI; WOLF, 2012).

FIGURA 4 - ERROS EM MED PROVOCADOS POR VARIAÇÕES EM TEMPERATURA E PRESSÃO



FONTE: ADAPTADO DE GHILANI E WOLF (2012)

Rüeger (1996), afirma que as variações nas condições atmosféricas causam um aumento ou diminuição na velocidade de propagação da onda eletromagnética e provocam erros sistemáticos nas medidas das distâncias. Ainda, segundo este mesmo autor, é possível corrigir estes erros através da utilização do ábaco ou das fórmulas que acompanham o manual do equipamento, neste caso, as informações

necessárias são a temperatura, pressão e umidade relativa, ou então através de fórmulas adotadas pela UGGI (União Geodésica e Geofísica Internacional).

Em estudo de caso realizado por VEIGA *et al.* (2012) demonstrou-se que a diferença entre os valores da correção obtida com os três métodos apresentados são inferiores ao milímetro, sendo assim, optou-se por utilizar a formulação que consta no manual da estação total empregada nos levantamentos (Equação 4):

$$\Delta D_1 = 283,04 - \left[\frac{0,29195p}{1 + \alpha t} - \frac{4,126 \cdot 10^{-4} h}{1 + \alpha t} \cdot 10^x \right] \quad (4)$$

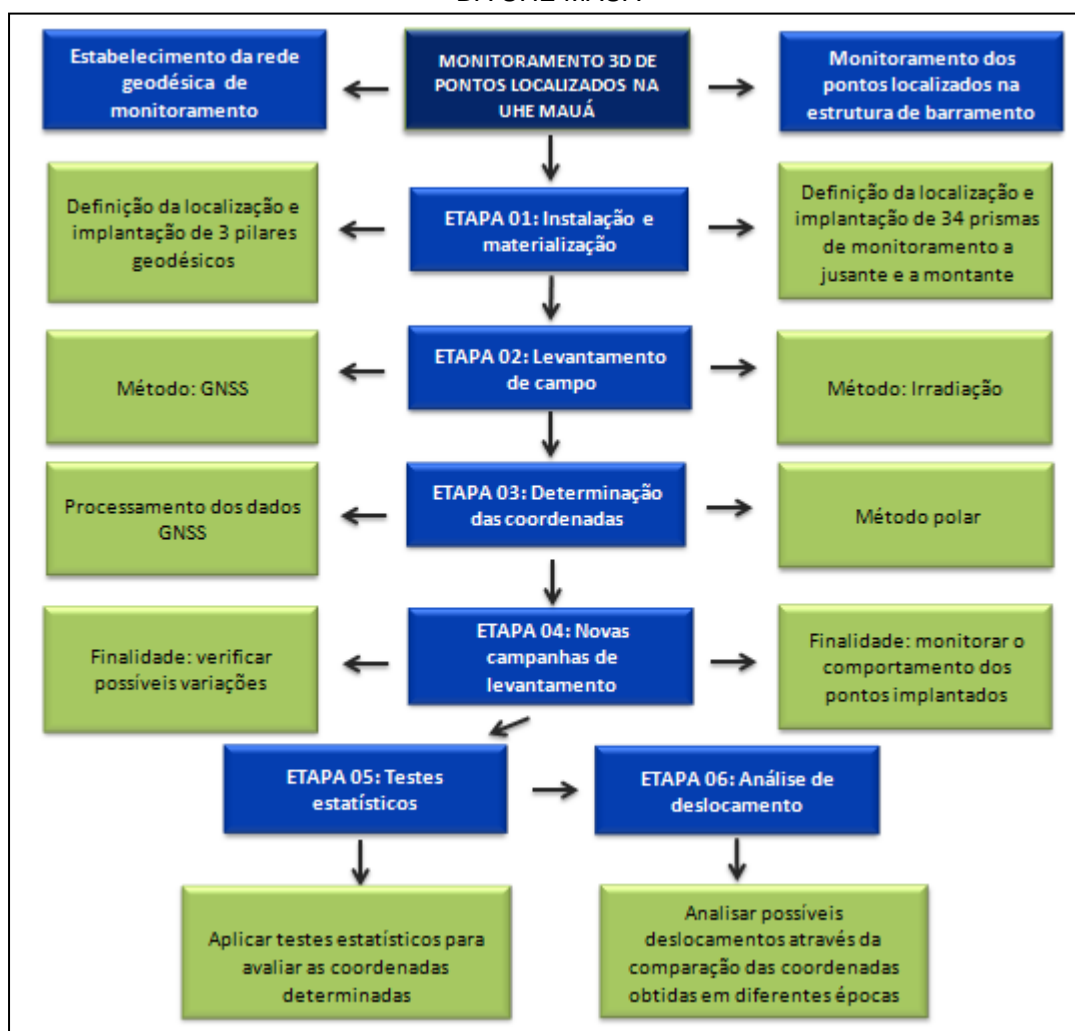
onde:

- ΔD_1 : Correção atmosférica em ppm;
- p : pressão atmosférica em mbar;
- t : temperatura do ar ambiente em °C;
- h : umidade relativa do ar em porcentagem;
- α : $1/273,16$; e
- $x = \left(\frac{7,5t}{237,3 + t} \right) + 0,7857$.

3. METODOLOGIA

Um esquema com a metodologia aplicada no desenvolvimento do projeto é apresentada na Figura 5. Todas as etapas foram seguidas visando o processo do monitoramento tridimensional da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá.

FIGURA 5 - SISTEMÁTICA UTILIZADA NO MONITORAMENTO TRIDIMENSIONAL DA BARRAGEM DA UHE MAUÁ



FONTE: A autora (2012)

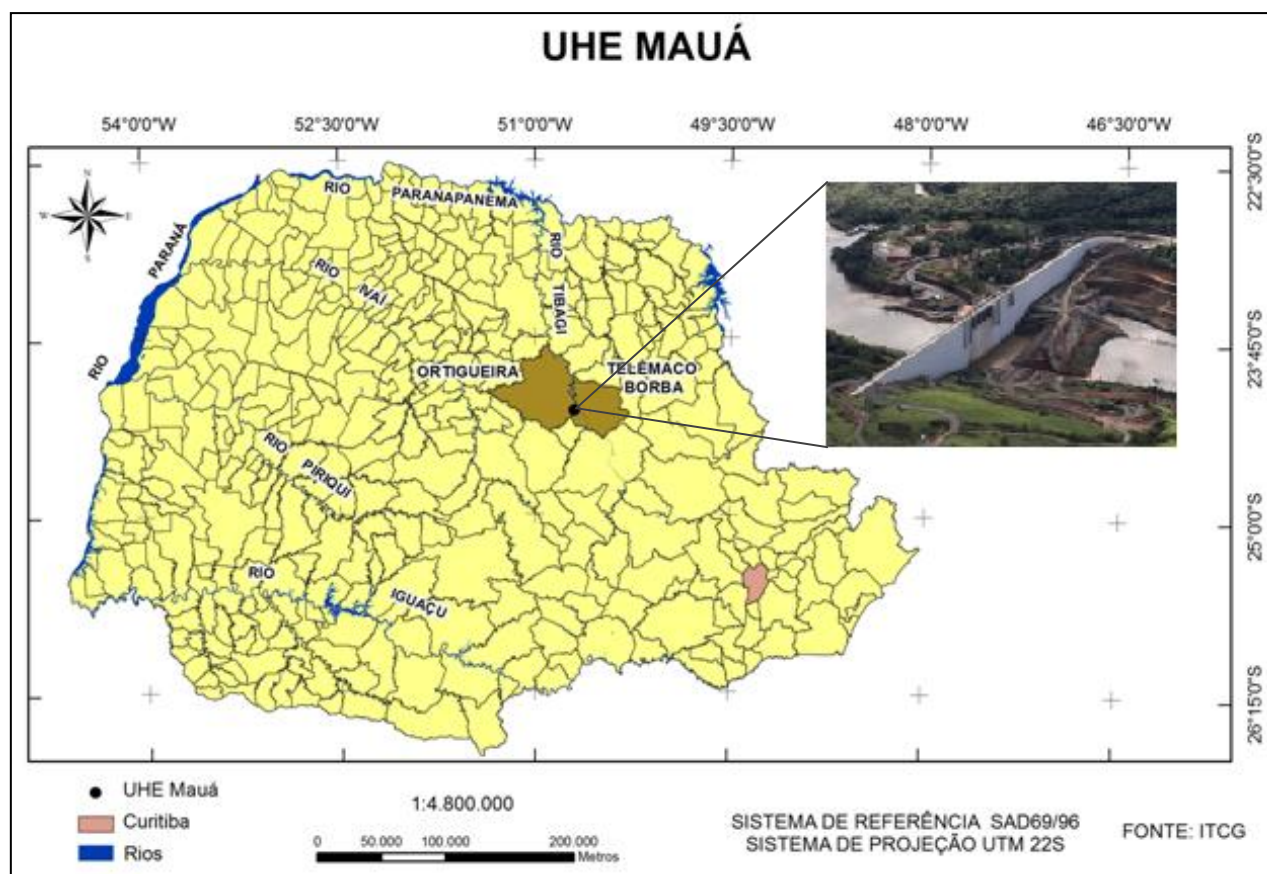
A sistemática utilizada divide o esquema do monitoramento tridimensional em duas partes. Uma visa o estabelecimento de uma rede geodésica para a definição de pontos de referência que servirão para a execução das irradiações 3D e a outra refere-se ao monitoramento dos alvos selecionados na estrutura da barragem. A partir daí são estabelecidas seis etapas de procedimentos, que

possuem características específicas para cada uma das divisões. Ao final, é possível verificar os possíveis deslocamentos que podem ocorrer nos pontos de monitoramento.

3.1 USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ

A Usina Hidrelétrica Mauá localiza-se no rio Tibagi, entre os municípios de Ortigueira e Telêmaco Borba, no estado do Paraná (Figura 6). A barragem fica na região do Salto Mauá, 600 metros a montante da já existente Usina Presidente Vargas e permite a formação de um reservatório com quase 84 km² de superfície (CONSÓRCIO ENERGÉTICO CRUZEIRO DO SUL, 2012).

FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ



FONTE: A autora (2012)

O empreendimento terá potência instalada de 361 MW, sendo 350 MW instalados na casa de força da usina principal e mais 11 MW na casa de força secundária (CONSÓRCIO ENERGÉTICO CRUZEIRO DO SUL, 2012). A concessão desta obra é do Consórcio Energético Cruzeiro do Sul, formado pela Companhia Paranaense de Energia (Copel) e pela Eletrosul Centrais Elétricas S/A.

Na Figura 7 é possível visualizar a UHE Mauá antes do enchimento do reservatório.

FIGURA 7 - USINA HIDRELÉTRICA MAUÁ



FONTE: VEIGA *et al.*, (2012), NÃO PUBLICADO⁸

3.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Os principais equipamentos e materiais utilizados nas campanhas de monitoramento da UHE Mauá foram:

- Receptor GNSS *Leica SmartStation 1200* (dupla frequência) e acessórios;
- Receptor GNSS *HiperLite* (dupla frequência) e acessórios;
- Estação Total Robotizada *Leica TCRA1205*;
- Prismas circulares *Leica GPR111*;

⁸ VEIGA L. A. K. *et al.* Primeiro relatório técnico do projeto intitulado: **Levantamento geológico-estrutural da região e entorno da barragem da UHE Mauá, uma abordagem inovadora para o monitoramento geodésico nos pontos de risco**. Curitiba 2012. Não publicado.

- Prismas circulares *Leica* GPR112;
- Bases nivelantes;
- Adaptadores para o encaixe dos prismas nas bases nivelantes e na crista da barragem;
- Cadernetas de campo; e
- Termo higrômetro digital e barômetro.

Todos os instrumentos são separados, checados, verificados⁹ e retificados¹⁰, visto que a não realização de qualquer um destes prejudica toda a campanha de levantamento. É importante salientar que os equipamentos foram disponibilizados pelos Laboratórios de Instrumentação Geodésica (LAIG) e Laboratório de Topografia (LABTOPO) da UFPR.

3.2.1 Estação Total TCRA1205

A estação total robotizada *Leica* TCRA1205 (Figura 8) é um equipamento com avançada tecnologia para medir direções horizontais, ângulos verticais e distâncias. Quando devidamente operado, instalado e programado realiza as leituras de interesse independentemente do observador. Para que isso seja possível é necessário acessar as configurações do sistema e indicar as características do projeto, como por exemplo, método de medição, tipo de refletor, orientação inicial e número de séries.

Este equipamento realiza leituras de alta precisão, apoiada pela função de reconhecimento automático de alvos (ATR[®]) e pelo sistema de detecção *PowerSearch* (PS[®]), permitindo maior rapidez e menor influência do operador. Realiza também medidas de ângulos e de distâncias com e sem refletor (*LEICA GEOSYSTEMS*[®] c).

⁹ Provimento de evidência objetiva de que o equipamento atende aos requisitos especificados pelo fabricante.

¹⁰ A retificação consiste em corrigir alguns erros instrumentais que podem afetar a precisão e acurácia das medidas.

FIGURA 8 - ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205



FONTE: A autora (2012)

As principais características técnicas deste instrumento são:

- Precisão da medida angular: 5"; e
- Precisão na medida da distância: 2mm+2ppm.

3.2.1.1 Ajuste do Equipamento

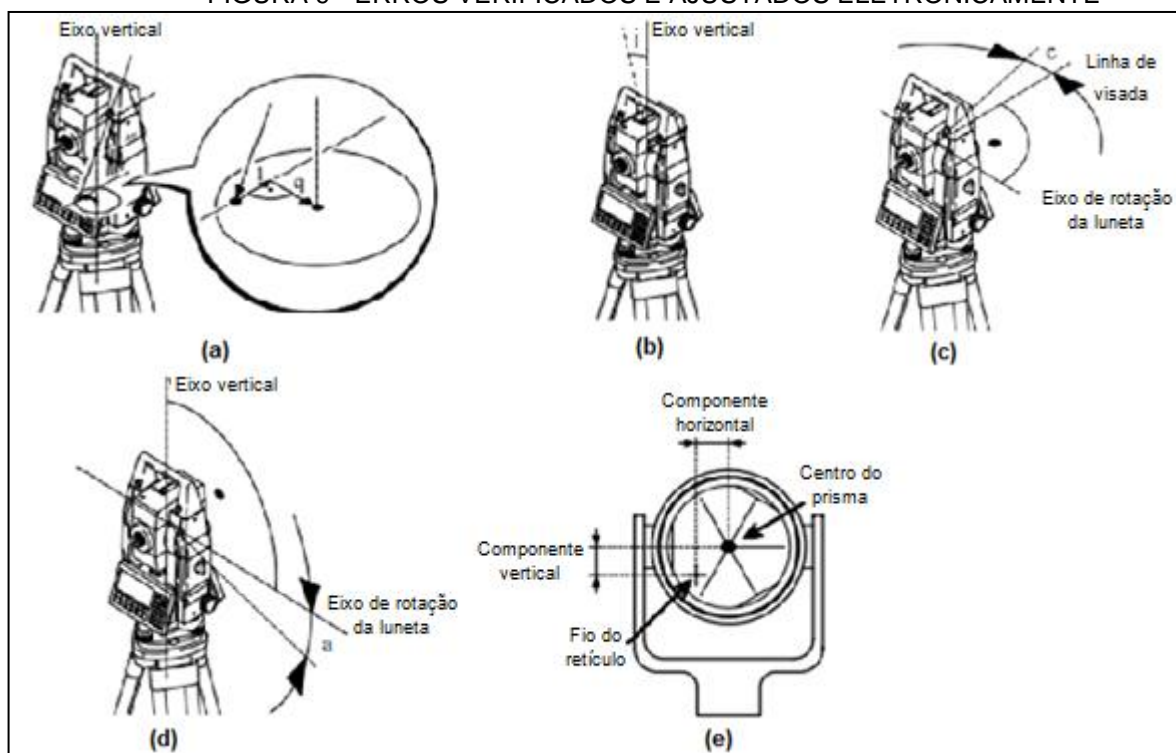
As mudanças bruscas de temperatura, os choques e as tensões mecânicas podem provocar desvios e afetar a precisão do instrumento, assim, é recomendado que sejam realizados o ajuste e a verificação periodicamente. Estes podem ser efetuados em campo através de procedimentos específicos, conforme a indicação do manual do equipamento (*LEICA GEOSYSTEMS® c*).

Depois de estimados os valores de alguns erros instrumentais, estes são armazenados na memória do instrumento e compensam, automaticamente, as observações medidas. Os seguintes erros são verificados e ajustados eletronicamente (*LEICA GEOSYSTEMS® c*):

- a)** Erro de índice do compensador (l, t): a determinação deste erro para os eixos longitudinal e transversal (l,t), corresponde à determinação do centro da bolha usada para o nivelamento (Figura 9 - a);

- b)** Erro de índice vertical (i): corresponde ao erro do ponto zero do círculo graduado vertical, em relação ao eixo vertical do instrumento (Figura 9 - b);
- c)** Erro de colimação (c): causado pela falta de perpendicularidade entre a linha de visada ou de colimação e o eixo secundário (Figura 9 - c);
- d)** Inclinação do eixo secundário (a): corresponde ao desvio causado pela falta de perpendicularidade entre o eixo principal e o eixo secundário (Figura 9 - d); e
- e)** Erro de zero no ATR[®]: corresponde a não coincidência da pontaria com o centro do prisma. Este inclui a divergência da linha de visada tanto na direção horizontal quanto vertical (Figura 9 - e).

FIGURA 9 - ERROS VERIFICADOS E AJUSTADOS ELETRONICAMENTE



FONTE: ADAPTADO DE LEICA GEOSYSTEMS[®] b

Na Tabela 1 estão os tipos de erros, qual componente é afetada e se é possível eliminá-los com pontaria direta e inversa ou através de correções feitas pelo próprio instrumento.

TABELA 1 - ERROS INSTRUMENTAIS, EFEITOS E COMO PODEM SER ELIMINADOS

ERRO DO INSTRUMENTO	EFEITOS HZ	EFEITOS V	ELIMINAÇÃO ATRAVÉS DE MEDIDA EM PD e PI	CORREÇÃO AUTOMÁTICA
c - Erro de colimação	•	-	•	•
a - Inclinação do eixo secundário	•	-	•	•
l - Erro de índice do compensador (longitudinal)	-	•	•	•
t - Erro de índice do compensador (transversal)	•		•	•
i - Erro do índice vertical	-	•	•	•
a- Erro de zero no ATR®	•	•	-	•

FONTE: LEICA GEOSYSTEMS® c

3.2.2 Prisma Refletor

O prisma para auscultação GPR112 é indicado para mineração e monitoramento, ou seja, é adequado para instalações permanentes, mesmo que em ambientes extremos. Opcionalmente, também podem ser utilizados protetores que cobrem a superfície refletora, protegendo contra a chuva e outras variações climáticas (Figura10).

FIGURA 10 – PRISMA GPR112 E PROTETOR



FONTE: A autora (2012)

Este modelo de prisma possui 60 mm de diâmetro, o que permite maior liberdade nos trabalhos de monitoramento, pois possibilita realizar medidas de longo

alcance. Uma das vantagens é que ele apresenta um filtro que impede a condensação da umidade na superfície refletora.

Optou-se pela utilização do GPR112 na face a jusante da estrutura da UHE Mauá em função dos problemas com os prismas GPR1 (Figura 11) que estão sendo utilizados no monitoramento da barragem da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias. Nestes, a película protetora foi deteriorada em função da insolação recebida.

Nos pilares que compõem a rede geodésica de monitoramento e na face a montante da barragem, foram utilizados os prismas circulares GPR111 (Figura 12). Ele é fixado em um suporte de polímero vermelho, onde é acoplado um alvo que permite melhorar a visibilidade quando se realiza trabalhos de mensuração.

FIGURA 11 - PRISMA CIRCULAR GPR1



FONTE: A autora (2012)

FIGURA 12 - PRISMA CIRCULAR GPR 111



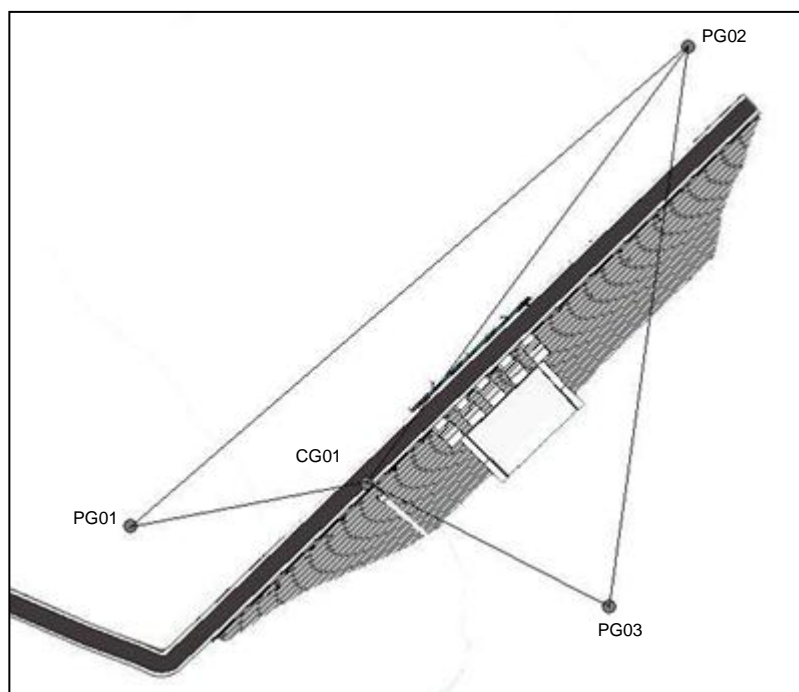
FONTE: A autora (2012)

3.3 REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO DA BARRAGEM DA UHE MAUÁ

De acordo com *Department of the Army* (1994) dos Estados Unidos, os procedimentos gerais para monitorar a deformação de uma estrutura envolvem a medida de deslocamentos espaciais de pontos selecionados (alvos), a partir de pontos de referência, que têm suas posições controladas. Estes pontos de referência, na UHE Mauá, são definidos por meio de uma rede geodésica de monitoramento.

A rede geodésica de monitoramento da UHE Mauá é composta por dois pilares geodésicos a montante (PG01 e PG02), um ponto localizado na crista da barragem (CG01) e um pilar a jusante (PG03) (Figura 13). Estes têm suas posições materializadas através de sistemas de centragem forçada.

FIGURA 13 - POSIÇÕES APROXIMADAS DOS PILARES QUE FORMAM A REDE GEODÉSICA DE MONITORAMENTO DA UHE MAUÁ



FONTE: A autora (2012)

Para avaliar o comportamento da rede estabelecida é necessário realizar diversas campanhas de levantamentos, seja através de rastreios GNSS ou por meio da determinação das suas características geométricas, ou seja, são medidos os ângulos e as distâncias formadas entre os pontos selecionados. Ao final é possível realizar o ajustamento de observações e assim obter as coordenadas dos pilares

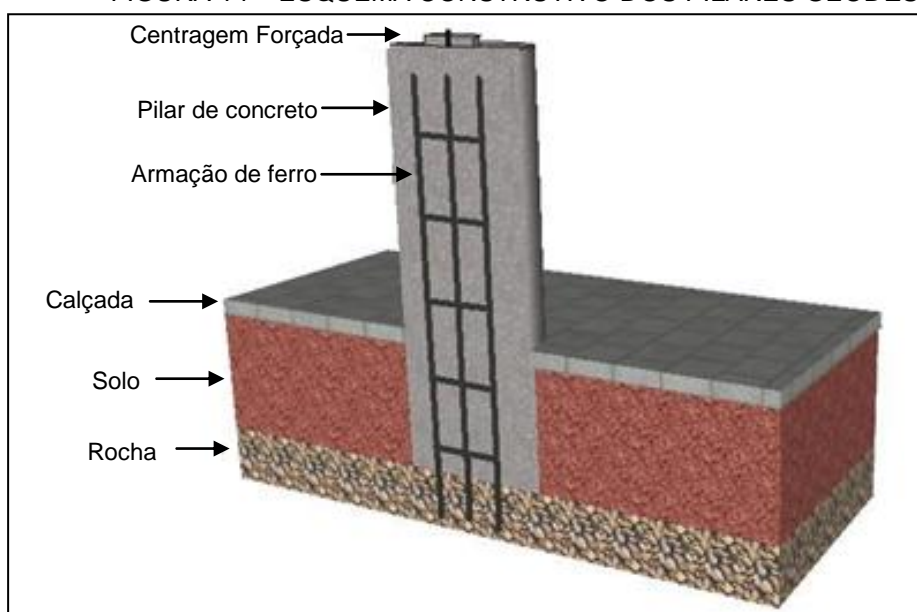
geodésicos. Por fim, os dados devem ser analisados estatisticamente para verificar o comportamento da rede.

Após diversas campanhas GNSS realizadas nos pilares geodésicos, antes e durante o enchimento do reservatório, foi possível verificar que as coordenadas determinadas sofrem variações da ordem do milésimo do segundo, por isso decidiu-se adotar coordenadas fixas, sendo suposto a não movimentação dos pontos utilizados como referência para o monitoramento absoluto ao longo das diversas campanhas de levantamento. Para isso, serão calculadas coordenadas iniciais que serão utilizadas para todo o desenvolvimento deste trabalho.

3.3.1 Pilares da Rede Geodésica de Monitoramento

Os pilares que compõem a rede geodésica de monitoramento da UHE Mauá constituem pontos fixos que servem como referência para as observações efetuadas. Antes do término da obra da barragem, os pesquisadores da UFPR realizaram visitas técnicas e definiram a localização de onde eles seriam implantados (Figura 13). Para garantir a estabilidade, os pilares foram construídos de forma que a fundação alcança-se as rochas da região (Figura 14).

FIGURA 14 – ESQUEMA CONSTRUTIVO DOS PILARES GEODÉSICOS



FONTE: A autora (2012)

Na Figura 15 é possível visualizar o esquema construtivo do pilar geodésico PGG01 materializado na escadaria a jusante da barragem, onde a armação é composta por três barras de ferro com diâmetro de 8mm, sendo unidas através de estribos horizontais confeccionados com barras de ferro de 4mm de diâmetro e afastados entre si de 10 cm. Este não compõem a rede geodésica estabelecida, mas foi construído para servir como referência as observações efetuadas na galeria da barragem, outro projeto desenvolvido pelos pesquisadores da UFPR.

FIGURA 15 - ESQUEMA CONSTRUTIVO DO PILAR GEODÉSICO PGG01

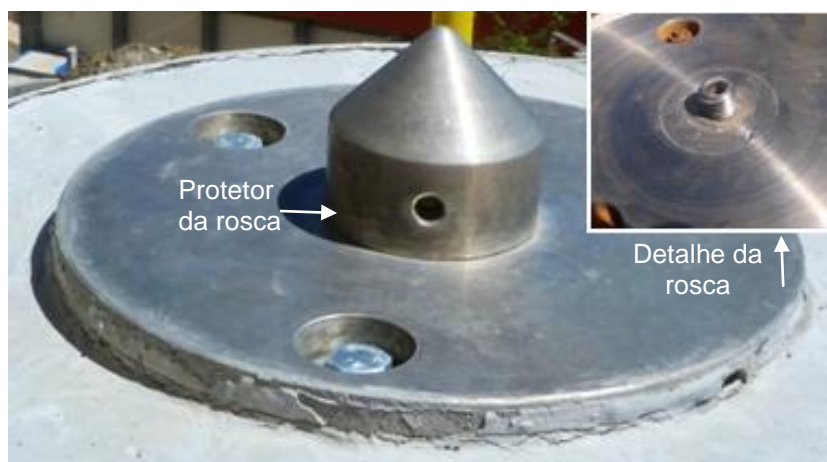


FONTE: A autora (2012)

Todos os pilares são dotados de um sistema de centragem forçada (Figura 16) que serve para materializar os pontos de referência. Este garante a reocupação das mesmas posições em épocas diferentes de monitoramento. De acordo com Nadal *et al.* (2000), a estimativa da repetibilidade na reocupação é da ordem do décimo de milímetro.

O dispositivo consiste em uma placa circular de alumínio que é fixada sobre o pilar por meio de parafusos. No centro desta placa há uma rosca que permite a fixação do instrumento utilizado para as observações.

FIGURA 16 - SISTEMA DE CENTRAGEM FORÇADA



FONTE: A autora (2012)

Para garantir a segurança no momento do monitoramento e para preservar os pilares construídos, foram instaladas grades de proteção (Figura 17).

FIGURA 17 – PILAR GEODÉSICO PG03 E GRADES DE PROTEÇÃO



FONTE: A autora (2012)

3.3.2 Manutenção da Altura dos Conjuntos de Bases e Prismas e da Estação Total

Em cada um dos pontos dotados do sistema de centragem forçada será instalada a estação total, utilizada para o monitoramento, e um conjunto de base e prisma que servirão para a orientação do equipamento no momento das irradiações. A altura da base, definida pelo seu nivelamento, do prisma e da estação total influenciam diretamente as medidas dos ângulos verticais e das distâncias inclinadas, e como as coordenadas planialtimétricas (X, Y, Z) dos pontos observados são dependentes destes ângulos, definiu-se estabelecer um procedimento para fixar tais alturas. Manter a altura do instrumento e das bases fixas e conhecidas com precisão a priori é importante tanto para as medidas (angulares e lineares) realizadas na rede geodésica de monitoramento quanto para o levantamento por irradiação. Desta forma, elimina-se a necessidade de que sejam medidas em campo estas grandezas, evitando-se erros e possibilitando a comparação entre as coordenadas.

Foram montados quatro conjuntos de bases e prismas para serem utilizados um em cada ponto. Buscando manter o mesmo conjunto de equipamentos em cada um dos pilares foram feitas etiquetas de identificação. Ressalta-se que as bases são alocadas nos sistemas de centragem forçada que já estão previamente niveladas.

No processo convencional de nivelamento das bases são utilizados três parafusos calantes, desta forma, a cada posicionamento um novo plano horizontal é definido. Logo, o problema principal é conhecer a altura do instrumento e das bases e prismas com precisão suficiente para as operações de monitoramento. Daí surge a necessidade de determinar estas quantidades em laboratório com precisão, estabelecendo também, um procedimento que mantenha a altura de cada uma das bases ao longo dos levantamentos, fazendo com que estas não mudem no momento da instalação do equipamento em campo.

Visando solucionar este impasse desenvolveu-se uma peça que permite travar um dos parafusos calantes (Figura 18). Assim, a altura da base se mantém constante, pois ao realizar o nivelamento com apenas dois parafusos a altura do plano horizontal será definida em função da posição do calante que está fixo.

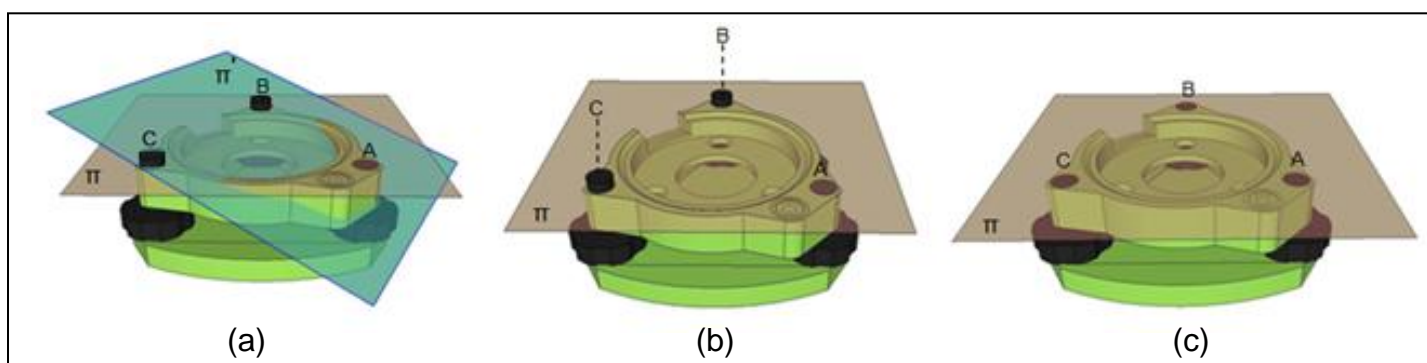
FIGURA 18 - PEÇA UTILIZADA PARA TRAVAR O PARAFUSO CALANTE



FONTE: A autora (2012)

Na Figura 19 (a) e (b) é possível visualizar um dos parafusos calantes travado (A) com a base desnivelada. Neste caso, o ponto A pertence ao plano π' e π (plano horizontal), enquanto os parafusos B e C pertencem ao plano π' . Já na Figura 22 (c) há a indicação da base nivelada com todos os pontos pertencendo ao mesmo plano.

FIGURA 19 – (A) BASE NIVELANTE FORA DE NÍVEL E OS PLANOS π E π' . (B) BASE NIVELANTE FORA DE NÍVEL E O PLANO π . (C) BASE NIVELADA E OS PONTOS A, B E C PERTENCENTES AO PLANO π

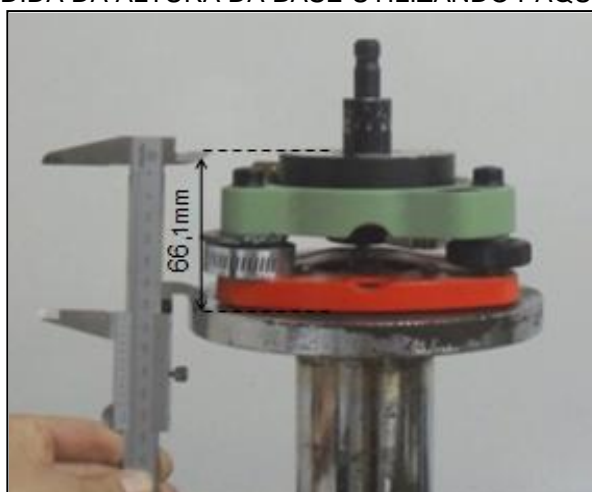


FONTE: A autora (2012)

Para manter a altura do conjunto de bases e prismas ao longo das diversas campanhas de levantamento e também para medir estas alturas, foram efetuados os seguintes procedimentos:

- a) Primeiramente ajustaram-se os parafusos calantes das bases de forma que todos ficassem em uma mesma altura média. Em seguida, foram encaixadas as peças desenvolvidas, apertando-se o suficiente para que não se movimentassem mais.
- b) Uma vez fixos, o próximo passo foi verificar se a altura das bases são aproximadamente iguais, desta forma, estabelece-se uma constante, o que facilita a organização das informações e também dos cálculos. Tomando-se uma delas como referência foi medida sua altura utilizando-se um paquímetro (Figura 20). A altura das demais foi ajustada apertando-se ou soltando o parafuso calante “travado”.

FIGURA 20 - MEDIDA DA ALTURA DA BASE UTILIZANDO PAQUÍMETRO



FONTE: A autora (2012)

- c) Em seguida, encaixou-se uma abraçadeira ao redor do parafuso fixo impedindo o acesso ao mesmo (Figura 21).

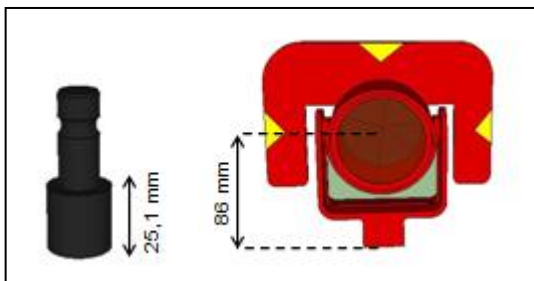
FIGURA 21 - PARAFUSO CALANTE TRAVADO POR MEIO DA PEÇA DESENVOLVIDA E DA ABRAÇADEIRA



FONTE: A autora (2012)

d) Por fim, foram encaixados os prismas sobre as bases e medidas as alturas de todos os conjuntos utilizando-se novamente o paquímetro. O resultado obtido foi de 17,72 centímetros. Na Figura 22 é possível visualizar a altura do pino adaptador e do prisma.

FIGURA 22 - ALTURA DO PINO E DO PRISMA GPR111



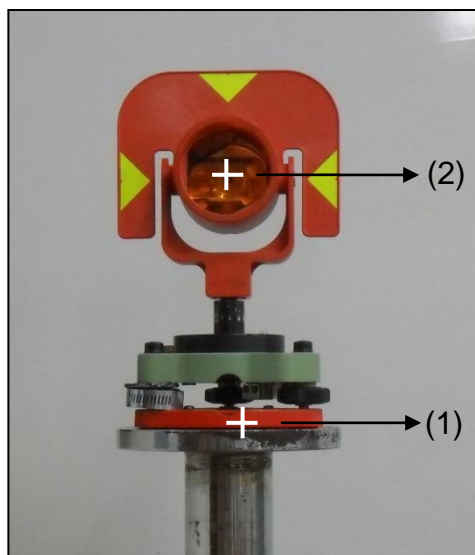
FONTE: A autora (2012)

Um procedimento alternativo para a determinação da altura dos conjuntos de bases e prismas também foi efetuado. Convencionou-se realizar novas observações nos conjuntos montados e travados pela metodologia anterior utilizando técnicas de nivelamento de precisão:

- a) Primeiramente, fez-se o nivelamento de dois tripés industriais pertencentes ao LAIG com o uso de um nível tubular;
- b) Em seguida, foram instalados sobre os tripés o nível digital DNA03 e um dos conjuntos de bases e prismas (ambos os instrumentos foram nivelados);
- c) Para determinar a altura dos equipamentos (base e prisma) foi necessário efetuar observações em posições específicas, indicadas na figura 23, ou seja, na base da base nivelante (1) e em um ponto localizado no centro do prisma (2).
- d) O nível utilizado permaneceu estático durante todo o procedimento executado, entretanto, a base dos tripés industriais permite que sejam efetuados movimentos verticais, logo, para realizar as observações movimentou-se a base do tripé onde estavam instalados o conjunto de base e prisma, de forma a coincidir o fio médio do nível com o ponto de interesse.
- e) Para realizar as leituras das posições observadas foi necessário utilizar uma mira de invar de 1 metro. Esta, foi posicionada em um ponto de referência que se situa na frente dos equipamentos medidos.

- f) A altura das bases e prismas foi calculada pela diferença entre as leituras do ponto superior e inferior. Como foram efetuadas três séries de observações para cada uma das posições indicadas o valor final foi dado pela média dos dados.
- g) Finalmente, repetiu-se todo o processo para medir a altura de todos os equipamentos de interesse.

FIGURA 23 - POSIÇÕES APROXIMADAS DOS PONTOS ONDE FORAM FEITAS AS SÉRIES DE LEITURAS COM O NÍVEL DIGITAL

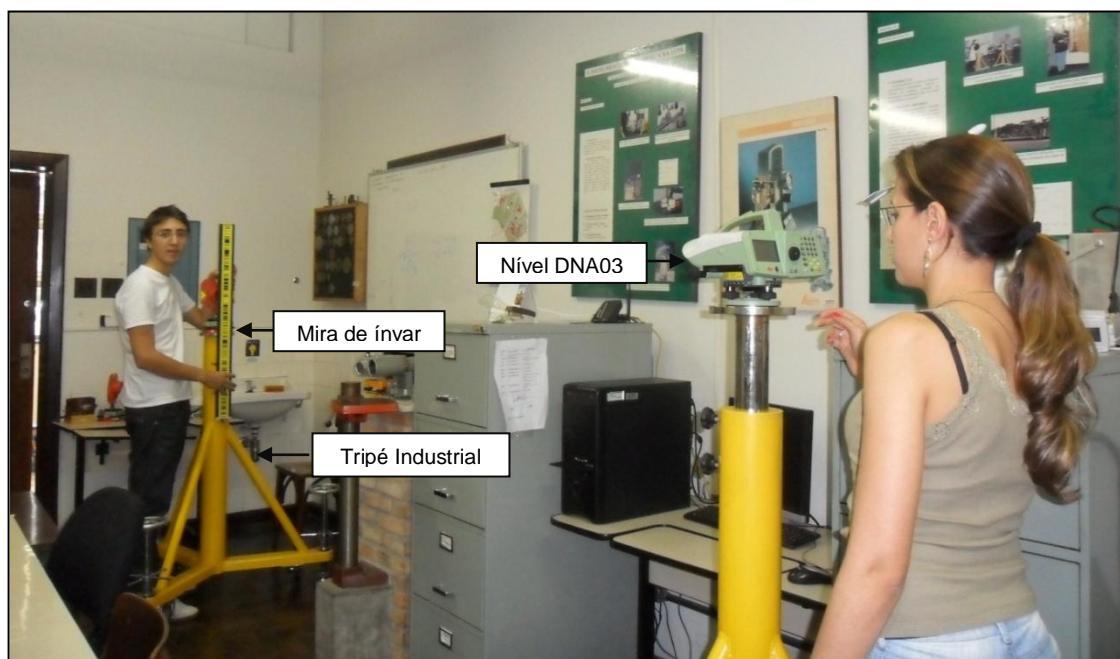


FONTE: A autora (2012)

Parte do procedimento efetuado pode ser visto na Figura 24

:

FIGURA 24 - PROCESSO PARA A OBTENÇÃO DA ALTURA DOS CONJUNTOS DE BASES E PRISMAS



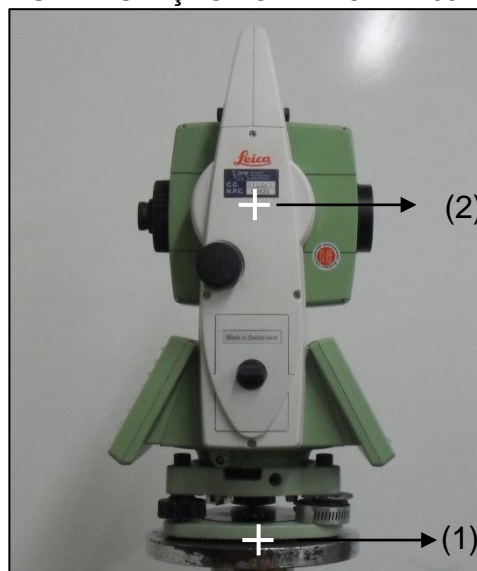
FONTE: A autora (2012)

A altura dos conjuntos (base e prisma) medidos foram:

- Conjunto 1: 176,9 mm;
- Conjunto 2: 177,3 mm;
- Conjunto 3: 176,7 mm; e
- Conjunto 4: 177,9 mm.

A altura da estação total TCRA1205 também foi medida por meio da segunda metodologia apresentada. Após travar um dos parafusos calantes da base da estação, foram feitas três séries de observações nas posições (1) e (2) (Figura 25). Após os cálculos a altura obtida foi de 238,3mm.

FIGURA 25 - POSIÇÕES APROXIMADAS DOS PONTOS ONDE FORAM FEITAS AS SÉRIES DE LEITURAS NA ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205



FONTE: A autora (2012)

Para verificar se a altura dos equipamentos travados por meio da peça desenvolvida se mantém ao longo de diversas calagens, foram realizadas observações em um colimador e assim determinou-se a precisão da metodologia adotada.

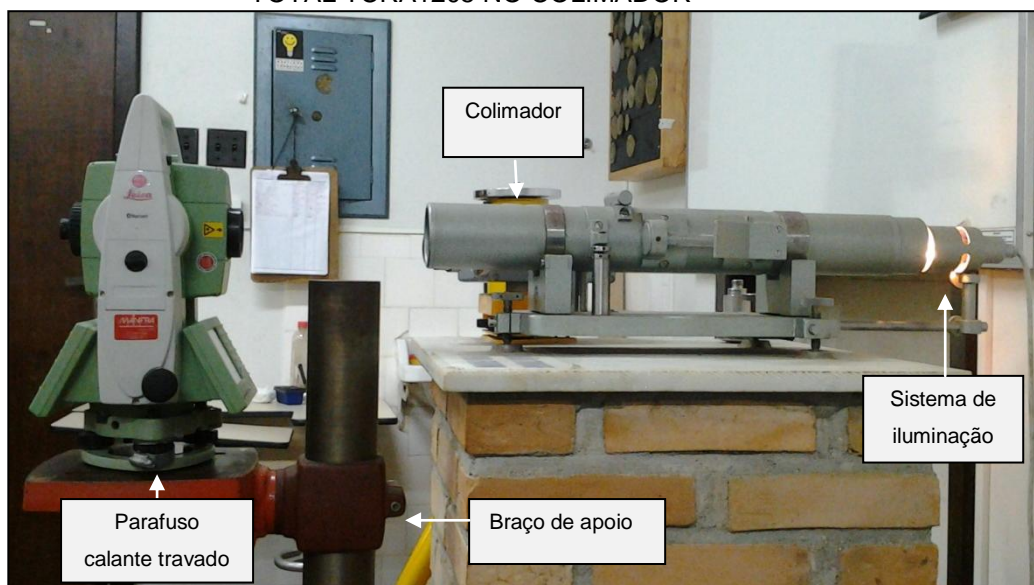
O colimador é um instrumento óptico que consiste de uma lente objetiva e de um sistema de iluminação do retículo pelo seu plano focal (ocular). O feixe de luz emergente é paralelo (feixe colimado) de modo que a imagem do retículo é projetada no infinito (MILDEX, 2012).

O procedimento consiste em realizar observações dos ângulos verticais da estação total TCRA1205 no colimador (Figura 26). A metodologia adotada foi:

- a) Primeiramente instalou-se a estação total em um braço de apoio existente no LAIG, fazendo-se a calagem grosseira com o nível esférico e a calagem fina através do nível digital;
- b) Em seguida, decidiu-se realizar quatro séries de observações em pontaria direta e inversa da luneta. Estas leituras foram feitas a partir da coincidência do fio médio do retículo da estação total com o fio horizontal do retículo do colimador.
- c) Terminadas as quatro séries de observações o equipamento foi retirado do apoio do braço e os dois parafusos calantes soltos foram movimentados, fazendo com que a calagem anterior fosse desconfigurada;

d) Por fim, instalou-se novamente o equipamento no braço de apoio e repetiu-se todo o processo.

FIGURA 26 - PROCEDIMENTO PARA OBSERVAÇÃO DOS ÂNGULOS VERTICAIS DA ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205 NO COLIMADOR



FONTE: A autora (2012)

As etapas apresentadas foram executadas mais duas vezes e os ângulos observados podem ser analisados na Tabela 2.

TABELA 2 - ÂNGULOS VERTICAIS DA ESTAÇÃO TOTAL TCRA1205

Ângulos verticais da estação total				
SÉRIE		Teste 1	Teste 2	Teste 3
1	PD	90°0'2,8"	90°0'4,6"	90°0'2,0"
2		90°0'5,3"	90°0'2,5"	90°0'4,2"
3		90°0'4,4"	90°0'4,4"	90°0'5,1"
4		90°0'2,9"	90°0'1,3"	90°0'3,0"
1	PI	270°0'0,0"	270°0'0,7"	270°0'0,5"
2		270°0'5,1"	270°0'0,4"	270°0'1,0"
3		270°0'3,0"	270°0'1,6"	270°0'4,8"
4		270°0'0,0"	270°0'1,4"	270°0'0,0"
Média:		90°0'0,9"	90°0'1,1"	90°0'1,0"
Desvio Padrão:		0,641"	0,822"	0,682"

FONTE: A autora (2012)

Avaliando-se estatisticamente os resultados obtidos através do teste t de *Student* para verificar a igualdade entre duas médias, tem-se:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{H_0: \mu = \mu_0} \text{ (A média do ângulo vertical obtida no teste 2 ou 3 é igual a média do} \\ \text{ângulo vertical obtida no teste 1);} \\ \mathbf{H_1: \mu \neq \mu_0} \text{ (A média do ângulo vertical obtida no teste 2 ou 3 é diferente da média do} \\ \text{ângulo vertical obtida no teste 1);} \end{array} \right.$$

- Nível de significância $\alpha = 0,05$ (ou 5%); Chama-se nível de significância α de um teste, a probabilidade máxima de rejeitar a hipótese nula (H_0) sendo ela verdadeira (GEMAEL, 2004).

- Graus de liberdade $\nu = 3$ ($\nu = n-1$, onde n é o tamanho da amostra);

- Cálculo da estatística t do teste:
$$t = \frac{X - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (5)$$

onde:

X = Média amostral;

S = Desvio padrão amostral;

n = Tamanho da amostra; e

μ_0 = Valor da média a ser testado.

- Posição 1 / Posição 2:

$$|t|_{\text{calculado}} = -0,4730 \quad t_{\alpha} = 3,1824$$

como:

$$|t|_{\text{calculado}} < t_{\alpha}, \text{ aceita-se a hipótese } H_0.$$

- Posição 1 / Posição 3:

$$|t|_{\text{calculado}} = -0,2365 \quad t_{\alpha} = 3,1824$$

como:

$$|t|_{\text{calculado}} < t_{\alpha}, \text{ aceita-se a hipótese } H_0.$$

Conclui-se que os ângulos verticais dos testes 2 e 3 são estatisticamente iguais ao ângulo determinado no teste 1, ao nível de significância de 5%, logo, o procedimento adotado permite manter a altura dos equipamentos ao longo de diversas calagens.

3.4 CAMPANHAS DE MONITORAMENTO DA UHE MAUÁ

As campanhas de monitoramento da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá foram realizadas em sete épocas distintas com o intuito de verificar possíveis deslocamentos nos pontos monitorados antes e durante o enchimento do reservatório. Na Tabela 03 podem ser visualizadas as datas dos levantamentos efetuados através da técnica de irradiação tridimensional.

TABELA 3 - CAMPANHAS DE MONITORAMENTO NA UHE MAUÁ

DATA	LEVANTAMENTO	ESTADO DO RESERVATÓRIO
31/03/2012	Época 01	Antes do enchimento
20/04/2012	Época 02	Antes do enchimento
07/06/2012	Época 03	Antes do enchimento
18/07/2012	Época 04	Durante o enchimento
16/08/2012	Época 05	Durante o enchimento
04/09/2012	Época 06	Durante o enchimento
08/11/2012	Época 07	Durante o enchimento

FONTE: A autora (2012)

3.5 COORDENADAS DOS PILARES GEODÉSICOS

O monitoramento dos pontos engastados a jusante e a montante da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá, através do método de irradiação tridimensional, é feito a partir da instalação do equipamento nos sistemas de centragem forçada, materializados nos pilares geodésicos. Para que as coordenadas dos pontos irradiados sejam determinadas é necessário adotar coordenadas de origem, em um mesmo sistema de referência, para cada um dos pilares onde o instrumento é instalado.

Nesta pesquisa são utilizadas coordenadas topográficas fixas para os pilares geodésicos PG01, PG02 e PG03 (Tabela 04), considerando que estas não sofreram variações ao longo do tempo. Desta forma, trabalha-se em um sistema de referência local. Esta decisão foi tomada, pois os dados obtidos através dos rastreios GNSS, realizados nestes pilares, mostraram que não ocorreram variações significativas nas coordenadas determinadas.

TABELA 4 - COORDENADAS TOPOGRÁFICAS DOS PILARES GEODÉSICOS PG01, PG02 E PG03

Coordenadas dos pilares geodésicos PG01, PG02 e PG03			
	PG01	PG02	PG03
X (m)	7339075,214	7338470,176	7339030,751
Y (m)	530041,178	529584,881	529586,258
Z (m)	643,076	654,372	588,428

FONTE: A autora (2012)

Os azimutes formados entre os pilares de monitoramento PG01, PG02 e PG03 podem ser visualizados na Tabela 05. Estes foram calculados a partir de coordenadas geodésicas obtidas através dos rastreios GNSS.

TABELA 5 - AZIMUTES DAS DIREÇÕES PG01-PG02, PG02-PG01 E PG02-PG03

Azimutes		
Az_{PG01-PG02}	Az_{PG02-PG01}	Az_{PG02-PG03}
217°1'20"	37°1'20"	0°7'59"

FONTE: A autora (2012)

3.6 IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

A descrição dos procedimentos efetuados para determinar as coordenadas tridimensionais dos pontos de monitoramento, localizados na barragem da usina hidrelétrica Mauá, é apresentada nos itens 3.6.1 e 3.6.2.

3.6.1 Instalação dos prismas refletores

Para instalar os prismas refletores na barragem da UHE Mauá foi necessário que a equipe de pesquisadores da UFPR e os engenheiros da COPEL estabelecessem as posições onde seriam acoplados os prismas dos modelos GPR112 e GPR111.

Os primas GPR112 (Figura 27) foram instalados a jusante de forma que ficassem espaçados por todo o barramento. Foi utilizado um sistema de parafusos engastados na estrutura para a fixação de 17 prismas, estes permanecem fixos durante todo o desenvolvimento deste projeto.

FIGURA 27 - PRISMA GPR112 NO MURO DA BARRAGEM



FONTE: A autora (2012)

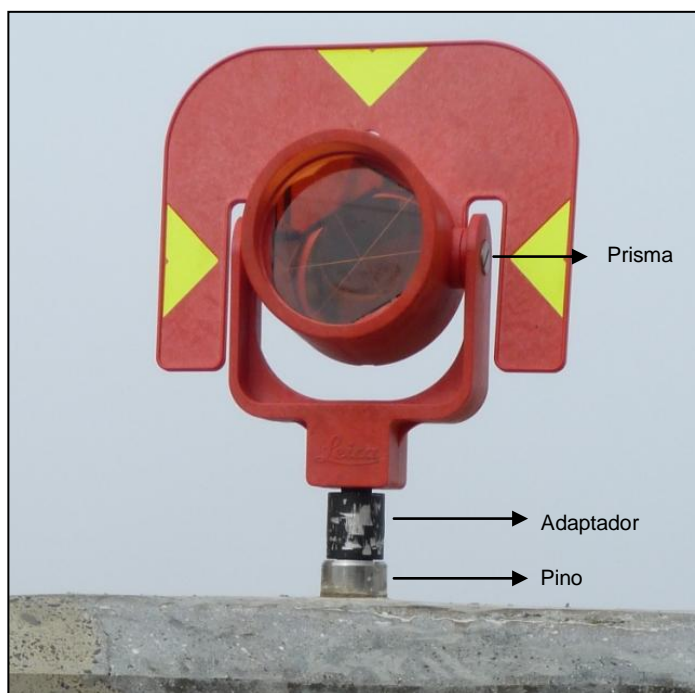
Já os prismas GPR111 são alocados em pinos (Figura 28) que estão localizados na crista da barragem na face a montante, distantes entre si cerca de 50 metros. São no total 17 pinos de aço inoxidável com altura aproximada de 2 centímetros, do tipo rosca, que permite a utilização de um adaptador para a instalação dos prismas (Figura 29). Estes, a cada campanha de levantamento, são reinstalados.

FIGURA 28 - PINO DE MONITORAMENTO A MONTANTE



FONTE: A autora (2012)

FIGURA 29 - PRISMA GPR111 NA CRISTA A MONTANTE DA BARRAGEM



FONTE: A autora (2012)

Instalou-se também uma haste de metal com dois prismas acoplados (Figura 30) com a finalidade de realizar estudos posteriores sobre a atitude destes pontos ao longo do tempo.

A fim de verificar se poderiam ocorrer erros de pontaria nas observações efetuadas na haste, devido a proximidade dos alvos em relação a distância de onde seriam feitas as observações (ângulos e distâncias), realizou-se um experimento. Com a estação total TCRA1205 estacionada a uma distância de quase 200 metros e alvos juntos de si cerca de 30 cm foram feitas medidas. Constatou-se que ocorrem erros de identificação quando é utilizado a função de posicionamento automático de pontos, isto devido a proximidade dos prismas em relação a distância adotada.

FIGURA 30 - HASTE E PRISMAS INSTALADOS NA ESCADARIA A JUSANTE DA BARRAGEM

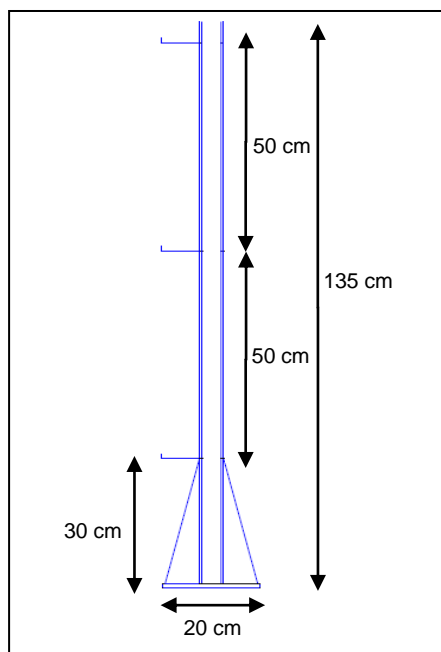


FONTE: A autora (2012)

O projeto inicial preconizava a instalação de três prismas na haste, no entanto, como a distância formada entre eles (50 cm) era muito pequena para a distância de onde seriam feitas as observações ($\cong 390$ m), optou-se por instalar apenas dois, o que evitaria erros de pontaria da estação total.

As características construtivas da haste podem ser observadas na Figura 31.

FIGURA 31 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA HASTE METÁLICA



FONTE: A autora (2012)

Os dados observados serão avaliados conjuntamente com os resultados obtidos para os prismas instalados na estrutura da barragem. Desta forma, é possível verificar o comportamento dos dados de maneira geral, indicando ou não se estes pontos apresentam variações que diferem do comportamento dos pontos restantes. Este é um sistema que foi utilizado pela primeira vez nos projetos realizados pelo grupo de Geodésia Aplicada a Engenharia, logo é necessário o desenvolvimento de pesquisas quanto ao tema.

A disposição aproximada dos alvos implantados a jusante da barragem, podem ser visualizados nas Figuras 32 e 33, onde os pontos 4 e 5 são os alvos instalados na haste.

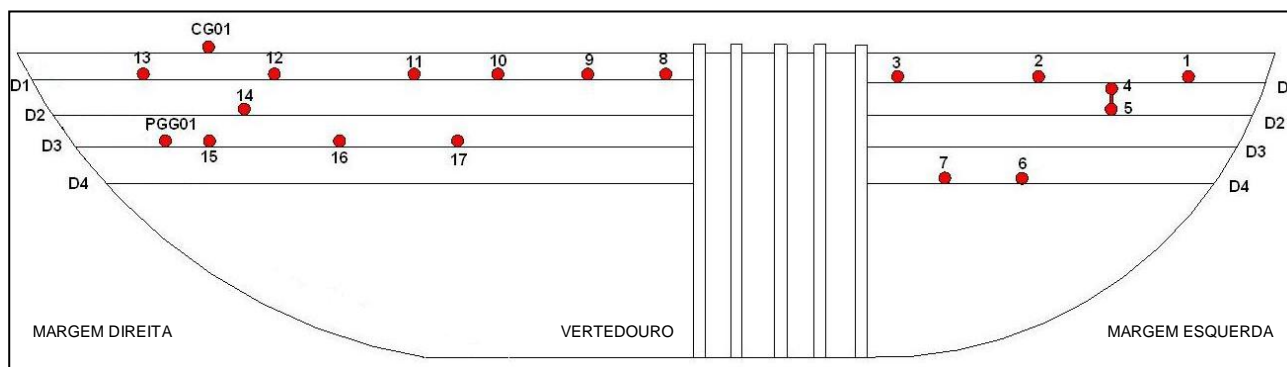
FIGURA 32 - DISPOSIÇÃO APROXIMADA DOS ALVOS IMPLANTADOS A JUSANTE DA BARRAGEM



FONTE: A autora (2012)

A nomenclatura adotada para os pontos observados é identificada da seguinte forma: ponto 1 é igual a MGE_01 (Marco Geodésico Externo 01), ponto 2 (MGE_02) e assim sucessivamente até MGE_17. Na Figura 33 estão inclusos apenas os números dos pontos para simplificar a representação. O pilar geodésico instalado a jusante da estrutura é denominado PGG01 e também foi monitorado.

FIGURA 33 - CROQUI DAS POSIÇÕES APROXIMADAS DOS ALVOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE DA BARRAGEM



FONTE: A autora (2012)

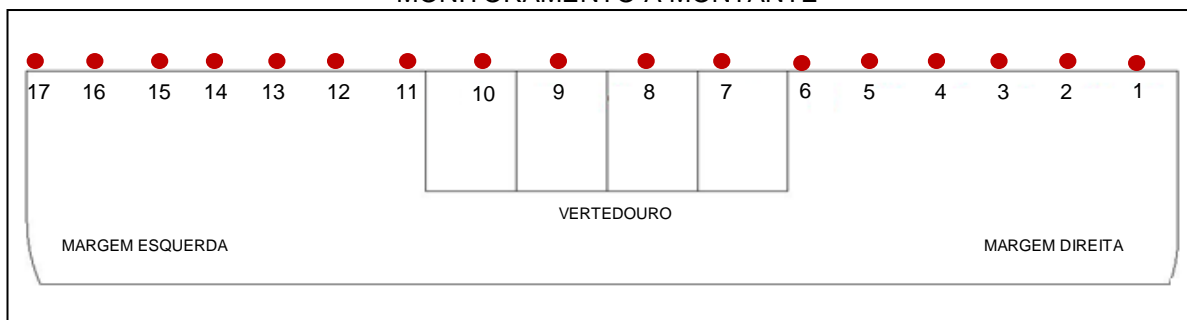
Já o nome dado aos alvos observados a montante da estrutura (Figura 34 e 35) são: ponto 1 é igual a MSU_01 (Marco de Superfície 01), ponto 2 (MSU_02) e assim por diante até MSU_17.

FIGURA 34 - DISPOSIÇÃO APROXIMADA DOS ALVOS IMPLANTADOS A MONTANTE DA BARRAGEM



FONTE: ADAPTADO DE CONSÓRCIO ENERGÉTICO CRUZEIRO DO SUL (2012)

FIGURA 35 - CROQUI COM A DISPOSIÇÃO APROXIMADA DOS ALVOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE



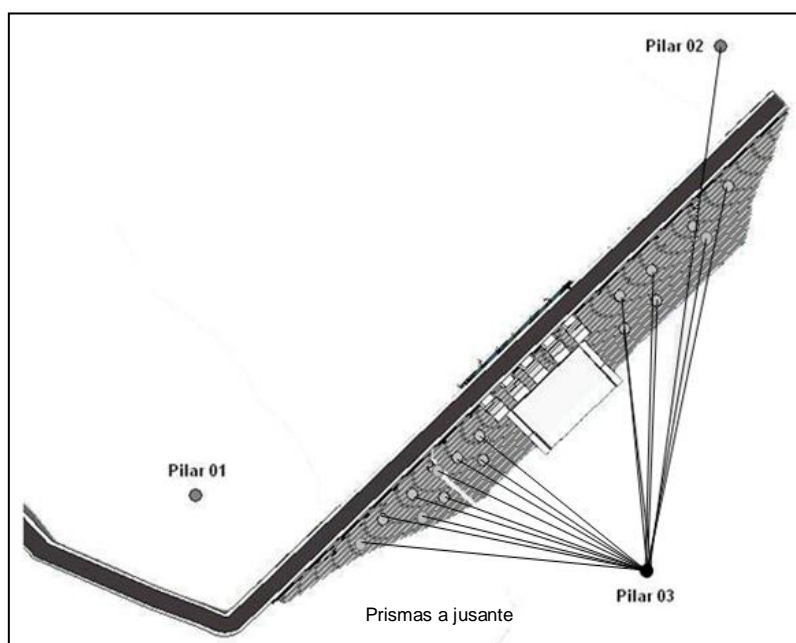
FONTE: A autora (2012)

3.6.2 Irradiação Tridimensional

O monitoramento dos pontos materializados pelas posições dos prismas engastados a jusante e a montante da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá é feito por meio do método de irradiação tridimensional, onde as observações são realizadas a partir dos pilares que compõem a rede geodésica.

O procedimento adotado para obter as direções horizontais, ângulos verticais e as distâncias inclinadas de todos os pontos de monitoramento instalados à jusante da estrutura, consiste em instalar a estação Total TCR1205 no pilar PG03, e realizar a orientação inicial no pilar PG02, efetuando assim as irradiações. Como o instrumento utilizado é uma estação robotizada foram feitos no mínimo nove séries de observações em cada um dos prismas, em pontaria direta e inversa da luneta (PD, PI). Todas as informações foram gravadas automaticamente pelo equipamento, conforme a especificação e configuração determinada antes do processo de medição. A Figura 36 ilustra as visadas efetuadas. Ressalta-se que como a estação total e o conjunto de base e prisma possuem alturas fixas não é necessário medir estas grandezas em campo.

FIGURA 36 – LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NOS ALVOS A JUSANTE



FONTE: A autora (2012)

Na primeira campanha os prismas MGE_01 e MGE_02 não foram observados, pois estavam rotacionados em relação ao observador. Estes, foram reposicionados através de um suporte metálico em forma de “u”, que foi preso no muro da barragem (Figura 37) permitindo assim que fossem feitas as medidas de interesse.

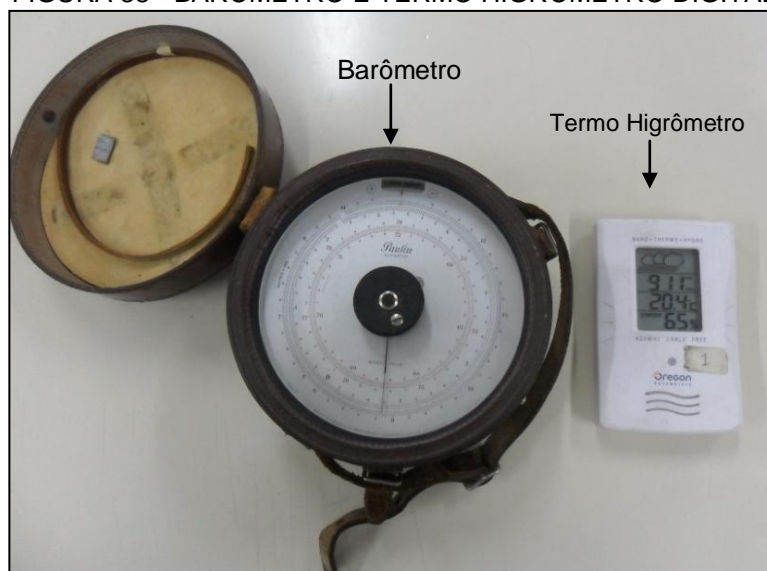
FIGURA 37 – PRISMA GPR112 PRESO COM UM SUPORTE EM FORMA DE “U”



FONTE: A autora (2012)

Com o intuito de efetuar as correções ambientais nas distâncias medidas com a estação total, foram anotadas em cadernetas de campo, em cada uma das séries de observações, os valores da pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar. Para que estas informações fossem obtidas com rigor foram utilizados um termo higrômetro digital e um barômetro (Figura 38). Este, a cada campanha de levantamento foi calibrado através da comparação com uma coluna de mercúrio.

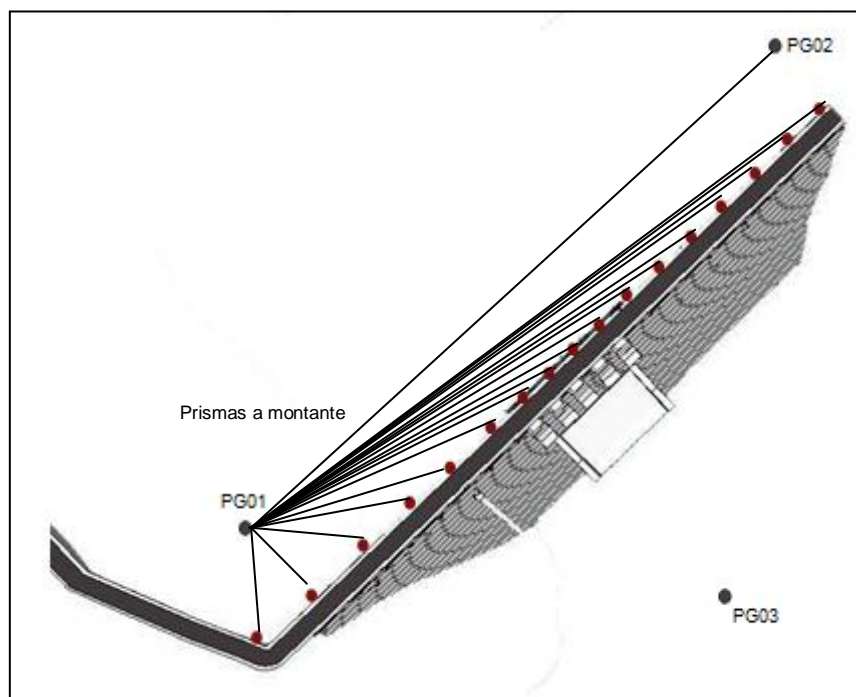
FIGURA 38 - BARÔMETRO E TERMO HIGRÔMETRO DIGITAL



FONTE: A autora (2012)

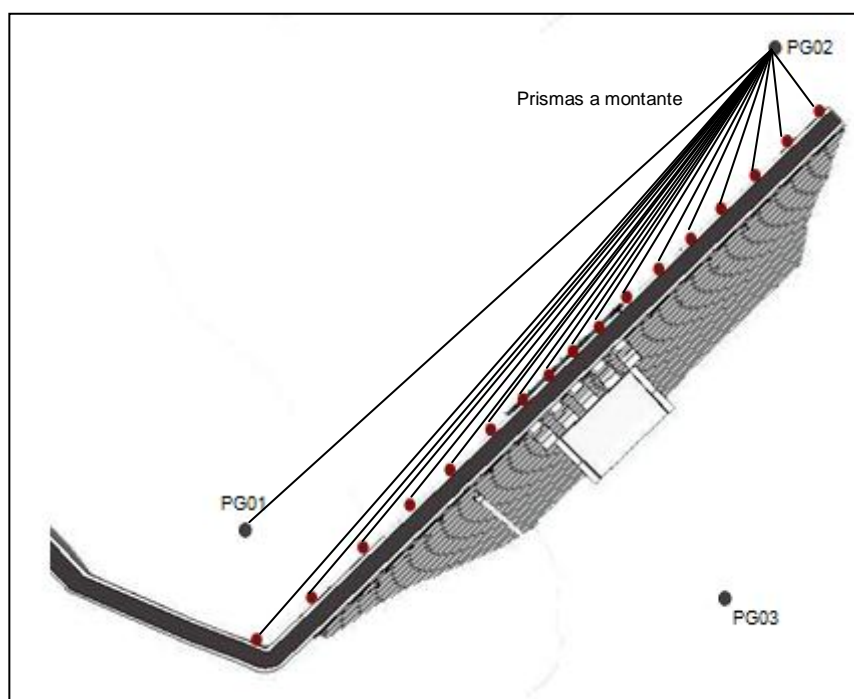
O procedimento adotado para monitorar os pontos materializados pelos pinos instalados a montante da estrutura, foi o mesmo utilizado a jusante. Os prismas do modelo GPR111 foram posicionados sobre a crista da barragem e a estação total foi instalada no pilar PG01 com ré no pilar PG02, fez-se então no mínimo nove séries de irradiações em cada um dos pontos (Figura 39). Também foram realizadas observações a partir do pilar PG02 com ré no pilar PG01 (Figura 40).

FIGURA 39 - LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NOS ALVOS A MONTANTE (ESTAÇÃO – PG01, RÉ- PG02)



FONTE: A autora (2012)

FIGURA 40 - LEVANTAMENTO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NOS ALVOS A MONTANTE (ESTAÇÃO – PG02, RÉ- PG01)



FONTE: A autora (2012)

3.7 CÁLCULO DAS COORDENADAS TRIDIMENSIONAIS

Para calcular as coordenadas tridimensionais dos pontos de monitoramento é necessário que os dados observados em campo sejam descarregados e analisados. A cada campanha de levantamento as leituras das direções horizontais, dos ângulos verticais, bem como das distâncias inclinadas são gravadas no instrumento utilizado. Estas informações podem ser descarregadas em vários formatos, conforme a necessidade do usuário, contudo, definiu-se utilizar a configuração de saída de dados no formato Manfra.

O formato Manfra (Figura 41) é assim denominado, pois foi desenvolvido pela empresa Manfra, que comercializa e presta serviços na área de Topografia e Geodésia. Ao descarregar o arquivo de dados é possível visualizar diversas informações, entre elas o nome da obra, data do levantamento, orientação inicial e irradiações. A configuração em que estas informações estão dispostas permite uma melhor visualização e clareza dos procedimentos que foram adotados em campo. Facilita também a análise de pontos que não foram irradiados em uma determinada série. Por exemplo, se um ponto está sendo observado dez vezes, mas na sétima série ocorreu uma obstrução e este não foi lido. Ao final do procedimento de campo, será exibido no visor da estação uma mensagem que solicita ao usuário repetir ou não estas medidas. Se estas são feitas novamente, aparecem no final do arquivo, e para que ocupem suas posições corretas deve-se saber em qual série as leituras foram refeitas e reposicioná-las.

FIGURA 41 - FORMATO DE SAÍDA DE DADOS MANFRA

OBRA:IR_JU_01 OPERADOR:		DATA:04/09/12 HORA:08:45:16 INSTRUMENTO:TCRA1205	NUMERO DE	SERIE:210735				
EST:PG03	HI: 0.000		E=	1000.000	N=	1000.000	H=	1000.000
RE :PG02	AZRE:280.3514		E=	1.00	N=	1.00	H=	1.00
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :PG02	HZ=280.3514	VT= 83.4003	DI=	1.00	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :PG02	HZ=280.3514	VT= 83.4004	DI=	596.507	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_01	HZ=275.0559	VT= 84.2442	DI=	410.100	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_02	HZ=267.5431	VT= 83.3150	DI=	354.827	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_03	HZ=261.4557	VT= 82.5153	DI=	321.869	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_04	HZ=273.4210	VT= 84.3459	DI=	394.252	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_05	HZ=273.4148	VT= 84.4344	DI=	394.184	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_06	HZ=270.5939	VT= 85.3416	DI=	362.161	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_07	HZ=266.1957	VT= 85.1044	DI=	332.633	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_08	HZ=246.3330	VT= 81.3640	DI=	273.266	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_09	HZ=240.3924	VT= 81.1606	DI=	262.737	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_10	HZ=235.5841	VT= 81.0328	DI=	256.740	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_11	HZ=230.5603	VT= 80.5603	DI=	252.365	HP=	0.000	PPM=0	MM=0
COD:[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]	[-----]
PV :MGE_12	HZ=224.1912	VT= 80.4738	DI=	249.655	HP=	0.000	PPM=0	MM=0

FONTE: A autora (2012)

Devido ao grande volume de dados, ao número de campanhas de levantamento e as inerentes análises que devem ser adotadas no processo do cálculo das coordenadas tridimensionais, desenvolveu-se um aplicativo em ambiente *MatLab*. Este é denominado “Coord_3D” e calcula as coordenadas dos pontos de monitoramento a jusante e a montante da barragem da UHE Mauá. Na Figura 41 a altura do instrumento é igual a zero pois esta informação já esta introduzida nas linhas de comando do aplicativo.

Após descarregar os dados no formato Manfra é necessário organizar em três colunas os dados das direções horizontais, ângulos verticais e distâncias inclinadas, para que sejam utilizados no aplicativo desenvolvido (Figura 42).

FIGURA 42 - FORMATO DO ARQUIVO DE DADOS PARA O CÁLCULO DE COORDENADAS 3D NO APLICATIVO COORD_3D

	87.1608	89.0905	1.000
Hz, V e Di do ponto de	87.1608	89.0905	757.894
	166.0006	93.0920	77.107
	153.2125	91.5506	126.848
	134.1946	91.3109	160.065
	122.2412	91.1440	195.486
PD	115.5109	91.0414	227.411
	110.0251	90.5408	269.434
	106.3039	90.4750	305.368
	103.2150	90.4158	347.718
	100.4304	90.3660	394.717
	99.2231	90.3428	424.177
	279.2227	269.2520	424.177
	280.4306	269.2249	394.717
	283.2149	269.1741	347.719
	286.3032	269.1153	305.367
PI	290.0254	269.0543	269.434
	295.5107	268.5542	227.410
	302.2413	268.4510	195.486
	314.1944	268.2837	160.065
	333.2126	268.0443	126.848
	346.0004	266.5034	77.107
	267.1605	270.5044	757.894

Direções horizontais (Hz) Ângulos verticais (V) Distâncias inclinadas (Di)

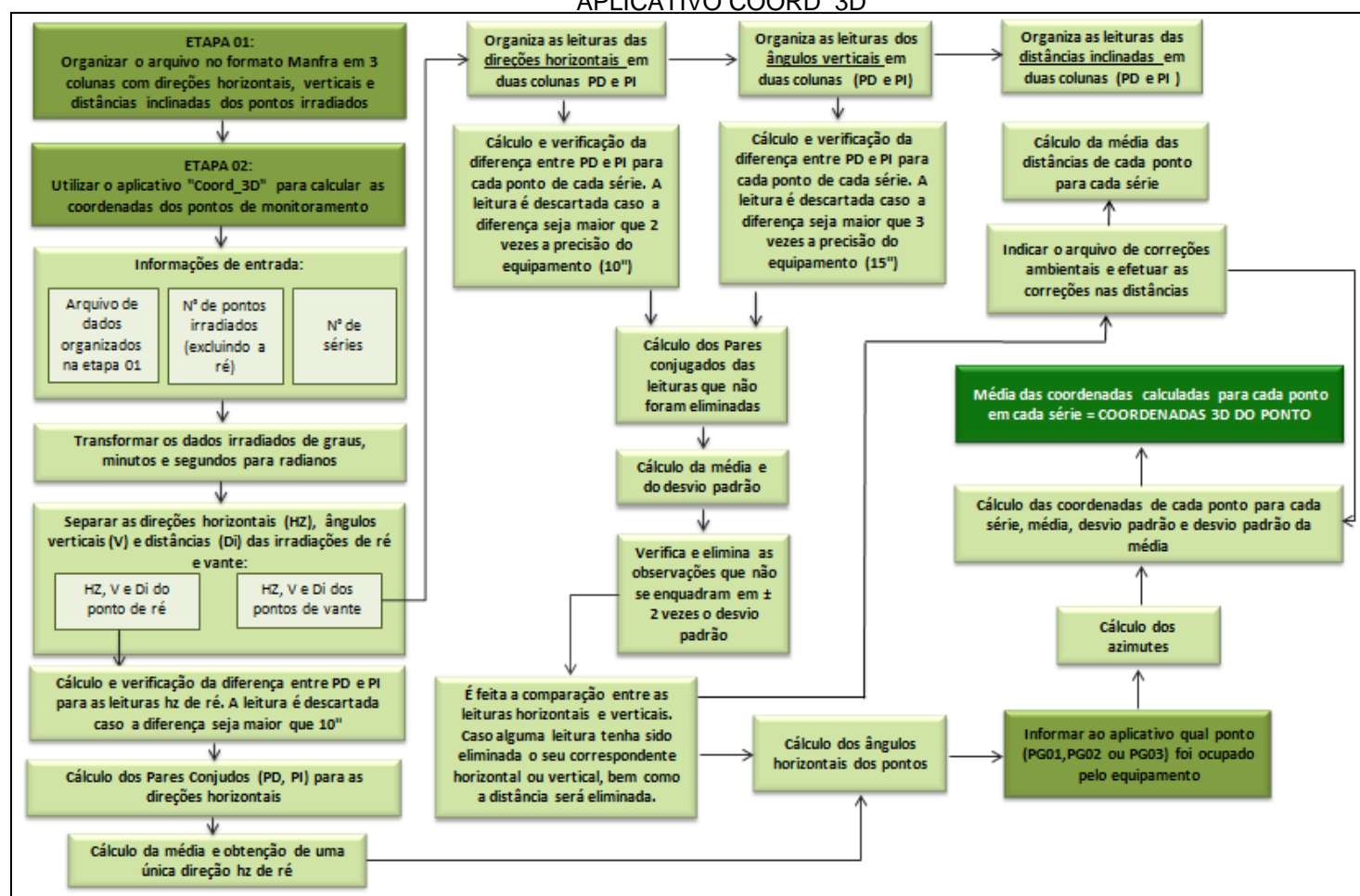
FONTE: A autora (2012)

A primeira linha dos arquivos organizados no formato da Figura 42 será descartada pelo aplicativo, pois corresponde a um dado repetido do ponto de orientação, além de que indica o valor da distância inclinada como sendo igual a um. Como dito, todas as leituras foram feitas primeiramente em pontaria direta e depois em pontaria inversa, onde as leituras em PI iniciam pelo último ponto feito em PD. No exemplo do arquivo apresentado (Figura 42) foram irradiados dez pontos (excluindo a ré), logo, a primeira leitura de vante em PD (posição 1) terá seu

correspondente em PI apenas na posição da linha 20. Esta informação é importante para compreender a organização dos dados.

Um esquema representativo dos procedimentos adotados no cálculo das coordenadas por meio do aplicativo Coord_3D, pode ser verificado na Figura 43:

FIGURA 43 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DOS PROCEDIMENTOS EXECUTADOS NO APLICATIVO COORD 3D



Isto permite que os dados sejam organizados para que sejam efetuados os cálculos de interesse.

Os dados irradiados e descarregados no formato Manfra estão em graus, minutos e segundos, mas para que os cálculos sejam efetuados corretamente pelo aplicativo é necessário convertê-los para radianos.

O próximo passo consiste em separar as leituras das direções horizontais, ângulos verticais e distâncias inclinadas que foram realizadas no ponto de ré (orientação inicial) e nos pontos de vante (pontos de monitoramento). Desta forma, os cálculos são feitos separadamente.

Em seguida, é verificado se a diferença entre PD e PI das direções horizontais de ré são iguais a 180° , caso esta seja maior que $10''$ (duas vezes a precisão do equipamento) a leitura será descartada. É calculado então as leituras dos pares conjugados (PD e PI) (Equação 6) para o ponto de ré observado em cada uma das séries, e a média (Equação 7), e finalmente obtêm-se um único valor de direção horizontal de ré. Estas são utilizadas para calcular as direções horizontais dos pontos de monitoramento ($H_z = H_{z_{vante}} - H_{z_{ré}}$).

Cálculo de Pares Conjugados das direções horizontais:

$$L = \frac{PD + PI}{2} \pm 90^\circ \quad (6)$$

onde: + se $PD > PI$

- se $PD < PI$

Cálculo da média:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (7)$$

A letra M é usada para representar a média aritmética simples, n é o número de valores medidos e y_i são as observações.

Já para os pontos de monitoramento (vante) são efetuadas mais análises antes de obter os valores finais dos dados observados. É importante ressaltar que o aplicativo trabalha separadamente com cada uma das colunas de dados, mas os procedimentos efetuados seguem a mesma metodologia. Tomando-se como exemplo a coluna dos ângulos verticais, a primeira etapa consiste em separar em

duas outras colunas as leituras feitas em pontaria direta e inversa da luneta. Isto também é feito para as distâncias e para as direções horizontais.

O passo seguinte consiste em verificar se a diferença entre a leitura da direção horizontal, de cada ponto para cada série, feita em PD e PI, é igual a 180° . Caso a diferença seja maior que duas vezes a precisão nominal do equipamento ($10''$) a leitura será descartada. Para a leitura dos ângulos verticais a soma dos valores de PD e PI deve ser igual a 360° . A leitura será eliminada caso a diferença seja maior que três vezes a precisão do equipamento ($15''$).

Na próxima etapa é feito o cálculo dos pares conjugados para os ângulos verticais (Equação 8) e direções horizontais (Equação 6) de cada ponto para cada série.

Cálculo de Pares Conjugados para os ângulos verticais:

$$V = \frac{360^\circ + PD - PI}{2} \quad (8)$$

Calcula-se então a média e o desvio padrão das séries dos pontos para as direções horizontais e ângulos verticais. Isto é feito com o intuito de eliminar do conjunto de dados observações que não se enquadrem em mais ou menos duas vezes o desvio padrão calculado. Este é a raiz quadrada positiva da variância (Equação 9):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M - y_i)^2}{n - 1}} \quad (9)$$

onde:

- s é o desvio padrão;
- $n - 1$ é o número de graus de liberdade da amostra; e
- $\sum_{i=1}^n (M - y_i)^2$ é a soma do quadrado dos resíduos.

A variância da amostra (s^2) é um estimador não tendencioso para estimar a variância da população e é calculada pela Equação 10:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (M - y_i)^2}{n - 1} \quad (10)$$

Todas as leituras descartadas durante o processo de análise serão indicadas na tela do aplicativo desenvolvido. É informado também se a leitura foi excluída por meio da comparação de pares conjugados ou pelo desvio padrão das observações.

Se alguma leitura foi eliminada por meio de qualquer um dos processos de verificação, o seu correspondente também será excluído. Por exemplo, se a leitura do ângulo vertical do ponto dois, na primeira série, foi eliminada, o seu correspondente da direção horizontal e da distância inclinada também serão automaticamente excluídos. Após estas análises, é aplicada a Equação 4 para efetuar a correção das distâncias observadas. Neste caso, deve-se fornecer ao aplicativo um arquivo onde constam o valor da temperatura, pressão e da umidade relativa do ar. Em seguida, são calculadas as médias das distâncias de cada ponto entre as séries.

O próximo passo consiste em indicar ao aplicativo em qual pilar (PG01, PG02 ou PG03) o equipamento estava instalado no momento das irradiações. Serão então obtidos os azimutes das direções de cada ponto de monitoramento. O aplicativo já possui salvo em suas linhas de comando os azimutes calculados entre o pilar ocupado e pilar de ré para cada uma das possíveis posições do instrumento.

Por fim, as coordenadas tridimensionais são obtidas através da média das coordenadas calculadas para os pontos em cada uma das séries. Para fins de análises estatísticas, são também calculados o desvio padrão e desvio padrão da média (Equação 11) das coordenadas.

O desvio padrão da média ($s_{\bar{y}}$) é calculado a partir do desvio padrão da amostra (s), de acordo com a seguinte equação:

$$s_{\bar{y}} = \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

4. RESULTADOS

Por meio do aplicativo desenvolvido foi possível calcular as coordenadas de todos os pontos de monitoramento engastados a jusante e a montante da barragem da usina. Estas podem ser analisadas separadamente, por campanha de levantamento, conforme a posição onde o instrumento foi instalado, ou seja, nos pilares PG01, PG02 ou PG03.

As coordenadas obtidas na primeira campanha de levantamento, calculadas a partir dos pilares geodésicos PG01, PG02 e PG03, são tomadas como sendo de referência para os cálculos das diferenças entre as demais épocas. A variação máxima tolerável de deslocamentos verticais (recalque) e horizontais adotados neste projeto são de 10 e 15 milímetros respectivamente. Estes valores foram definidos por semelhança aos limites adotados na barragem da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, cujos valores são encontrados no documento intitulado “Instrumentos de Auscultação das obras civis, valores de controle para leituras dos instrumentos” elaborado pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL, 1998).

Nas Tabelas 6 a 11 podem ser visualizadas as coordenadas dos dezessete pontos de monitoramento a montante, bem como o desvio padrão da média. Estas, foram calculadas a partir do pilar geodésico PG01 nas diferentes épocas de levantamento.

TABELA 6 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 1

PG01	Época 01 (31/03/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,834	7339108,669	638,989	0,0002	0,0001	0,0001
MSU_02	529917,702	7339103,972	638,985	0,0003	0,0003	0,0004
MSU_03	529882,017	7339058,718	638,984	0,0003	0,0003	0,0005
MSU_04	529855,133	7339015,328	638,981	0,0004	0,0005	0,0005
MSU_05	529834,098	7338981,304	638,981	0,0005	0,0007	0,0005
MSU_06	529808,329	7338939,705	638,982	0,0004	0,0007	0,0007
MSU_07	529787,250	7338905,632	638,975	0,0005	0,0007	0,0007
MSU_08	529763,062	7338866,529	638,972	0,0006	0,0006	0,0009
MSU_09	529736,736	7338823,998	638,975	0,0001	0,0001	0,0000
MSU_10	529720,430	7338797,652	638,973	0,0009	0,0005	0,0008
MSU_11	529711,434	7338783,254	638,976	0,0008	0,0014	0,0009
MSU_12	529679,033	7338730,814	638,971	0,0010	0,0011	0,0010
MSU_13	529657,947	7338696,788	638,969	0,0013	0,0013	0,0015
MSU_14	529632,186	7338655,158	638,970	0,0011	0,0010	0,0020

continua

conclusão

MSU_15	529610,079	7338619,420	638,965	0,0013	0,0011	0,0015
MSU_16	529590,122	7338587,103	638,963	0,0013	0,0012	0,0010
MSU_17	529563,721	7338544,623	638,954	0,0012	0,0013	0,0018

FONTE: A autora (2012)

TABELA 7 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 3

PG01	Época 03 (07/06/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01						
MSU_02	529917,704	7339103,979	638,986	0,0002	0,0002	0,0001
MSU_03	529882,015	7339058,719	638,985	0,0002	0,0001	0,0002
MSU_04	529855,133	7339015,326	638,983	0,0003	0,0001	0,0002
MSU_05	529834,096	7338981,308	638,983	0,0004	0,0003	0,0001
MSU_06	529808,322	7338939,718	638,982	0,0004	0,0002	0,0002
MSU_07	529787,240	7338905,646	638,976	0,0004	0,0003	0,0004
MSU_08	529763,049	7338866,548	638,974	0,0005	0,0005	0,0004
MSU_09	529736,722	7338824,018	638,975	0,0005	0,0008	0,0006
MSU_10	529720,415	7338797,671	638,976	0,0005	0,0005	0,0004
MSU_11	529711,415	7338783,275	638,977	0,0004	0,0006	0,0007
MSU_12	529679,018	7338730,832	638,974	0,0006	0,0009	0,0006
MSU_13	529657,932	7338696,805	638,970	0,0005	0,0008	0,0007
MSU_14	529632,170	7338655,175	638,973	0,0006	0,0007	0,0008
MSU_15	529610,064	7338619,436	638,968	0,0008	0,0008	0,0009
MSU_16	529590,106	7338587,121	638,966	0,0005	0,0011	0,0009
MSU_17	529563,710	7338544,638	638,962	0,0017	0,0014	0,0011

FONTE: A autora (2012)

A observação do ponto de monitoramento MSU_01 não foi possível na época 3, devido a presença de um andaime que obstruía as visadas. Não há época de levantamento 2 para os pontos a montante, pois nesta campanha estavam sendo desenvolvidas outras atividades na usina.

TABELA 8 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 4

PG01	Época 04 (18/07/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,832	7339108,669	638,990	0,0000	0,0001	0,0001
MSU_02	529917,703	7339103,971	638,985	0,0002	0,0001	0,0002
MSU_03	529882,016	7339058,718	638,984	0,0002	0,0003	0,0002
MSU_04	529855,135	7339015,323	638,980	0,0003	0,0002	0,0003
MSU_05	529834,102	7338981,299	638,982	0,0003	0,0005	0,0002
MSU_06	529808,331	7338939,704	638,982	0,0003	0,0002	0,0005
MSU_07	529787,252	7338905,631	638,974	0,0004	0,0003	0,0003
MSU_08	529763,061	7338866,531	638,973	0,0005	0,0003	0,0005

continua

conclusão

MSU_09	529736,733	7338824,004	638,973	0,0001	0,0002	0,0005
MSU_10	529720,425	7338797,657	638,973	0,0006	0,0005	0,0006
MSU_11	529711,426	7338783,263	638,976	0,0005	0,0007	0,0006
MSU_12	529679,028	7338730,822	638,971	0,0007	0,0007	0,0005
MSU_13	529657,943	7338696,794	638,968	0,0007	0,0006	0,0008
MSU_14	529632,182	7338655,165	638,970	0,0006	0,0008	0,0013
MSU_15	529610,071	7338619,429	638,967	0,0010	0,0009	0,0007
MSU_16	529590,115	7338587,113	638,966	0,0010	0,0006	0,0008
MSU_17	529563,716	7338544,630	638,961	0,0009	0,0010	0,0008

FONTE: A autora (2012)

TABELA 9 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 5

PG01	Época 05 (16/08/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,833	7339108,669	638,991	0,0002	0,0001	0,0001
MSU_02	529917,700	7339103,969	638,986	0,0003	0,0002	0,0002
MSU_03	529882,015	7339058,715	638,985	0,0001	0,0002	0,0003
MSU_04	529855,134	7339015,324	638,980	0,0003	0,0003	0,0003
MSU_05	529834,100	7338981,300	638,982	0,0003	0,0003	0,0005
MSU_06	529808,331	7338939,703	638,980	0,0003	0,0004	0,0006
MSU_07	529787,252	7338905,629	638,975	0,0005	0,0005	0,0004
MSU_08	529763,060	7338866,529	638,973	0,0005	0,0007	0,0004
MSU_09	529736,735	7338824,000	638,973	0,0006	0,0005	0,0007
MSU_10	529720,427	7338797,653	638,972	0,0008	0,0007	0,0007
MSU_11	529711,429	7338783,257	638,977	0,0006	0,0008	0,0006
MSU_12	529679,033	7338730,815	638,972	0,0007	0,0006	0,0007
MSU_13	529657,950	7338696,786	638,967	0,0008	0,0009	0,0011
MSU_14	529632,191	7338655,156	638,969	0,0007	0,0008	0,0010
MSU_15	529610,083	7338619,419	638,965	0,0011	0,0007	0,0007
MSU_16	529590,123	7338587,105	638,963	0,0010	0,0007	0,0007
MSU_17	529563,728	7338544,621	638,959	0,0017	0,0019	0,0019

FONTE: A autora (2012)

TABELA 10 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 6

PG01	Época 06 (04/09/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,834	7339108,672	638,991	0,0001	0,0002	0,0003
MSU_02	529917,704	7339103,980	638,986	0,0003	0,0002	0,0002
MSU_03	529882,016	7339058,719	638,985	0,0004	0,0002	0,0003
MSU_04	529855,132	7339015,333	638,981	0,0004	0,0004	0,0004
MSU_05	529834,094	7338981,316	638,980	0,0005	0,0006	0,0006
MSU_06	529808,321	7338939,720	638,980	0,0005	0,0003	0,0005
MSU_07	529787,241	7338905,646	638,973	0,0006	0,0006	0,0013

continua

conclusão

MSU_08	529763,048	7338866,546	638,973	0,0008	0,0005	0,0011
MSU_09	529736,721	7338824,016	638,974	0,0008	0,0008	0,0005
MSU_10	529720,416	7338797,666	638,972	0,0007	0,0007	0,0010
MSU_11	529711,418	7338783,271	638,977	0,0005	0,0012	0,0007
MSU_12	529679,022	7338730,826	638,971	0,0009	0,0014	0,0011
MSU_13	529657,941	7338696,795	638,966	0,0016	0,0009	0,0014
MSU_14	529632,179	7338655,167	638,970	0,0012	0,0016	0,0010
MSU_15	529610,073	7338619,427	638,964	0,0012	0,0016	0,0014
MSU_16	529590,113	7338587,113	638,962	0,0009	0,0010	0,0020
MSU_17	529563,717	7338544,628	638,961	0,0014	0,0011	0,0019

FONTE: A autora (2012)

TABELA 11 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG01 NA ÉPOCA 7

PG01	Época 07 (8/11/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,835	7339108,670	638,991	0,0001	0,0002	0,0001
MSU_02	529917,703	7339103,980	638,986	0,0002	0,0003	0,0003
MSU_03	529882,014	7339058,718	638,985	0,0003	0,0003	0,0002
MSU_04	529855,131	7339015,328	638,982	0,0003	0,0004	0,0002
MSU_05	529834,094	7338981,311	638,983	0,0001	0,0002	0,0004
MSU_06	529808,320	7338939,720	638,982	0,0004	0,0003	0,0005
MSU_07	529787,236	7338905,651	638,975	0,0004	0,0005	0,0003
MSU_08	529763,042	7338866,551	638,974	0,0004	0,0005	0,0006
MSU_09	529736,714	7338824,022	638,977	0,0004	0,0007	0,0005
MSU_10	529720,407	7338797,676	638,975	0,0004	0,0008	0,0006
MSU_11	529711,408	7338783,281	638,979	0,0004	0,0007	0,0007
MSU_12	529679,014	7338730,835	638,973	0,0008	0,0008	0,0012
MSU_13	529657,932	7338696,805	638,968	0,0005	0,0007	0,0008
MSU_14	529632,173	7338655,174	638,971	0,0008	0,0008	0,0012
MSU_15	529610,065	7338619,436	638,968	0,0011	0,0009	0,0006
MSU_16	529590,107	7338587,121	638,965	0,0014	0,0018	0,0008
MSU_17	529563,713	7338544,635	638,959	0,0012	0,0019	0,0014

FONTE: A autora (2012)

As diferenças entre as coordenadas da época de referência e as demais campanhas de levantamento, com a estação total instalada no pilar PG01, podem ser visualizadas no Apêndice 01 (página 117). Após analisar os dados verifica-se que as variações máximas chegam a ordem do centímetro (2,7 cm), enquanto que as variações mínimas são da ordem do centésimo do milímetro (-0,01 mm). Já o comportamento pontual de cada MSU deve ser analisado no Apêndice 02 (página 119).

Nas Tabelas 12 a 17 podem ser visualizadas as coordenadas dos pontos de monitoramento a montante obtidas a partir do pilar PG02. Os pontos MSU_07 e MSU_17 não são visíveis a partir deste pilar.

TABELA 12 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 1

PG02	Época 01 (31/03/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,858	7339108,684	638,955	0,0003	0,0002	0,0016
MSU_02	529917,727	7339103,989	638,954	0,0014	0,0015	0,0010
MSU_03	529882,042	7339058,731	638,961	0,0012	0,0012	0,0013
MSU_04	529855,156	7339015,341	638,959	0,0012	0,0013	0,0006
MSU_05	529834,120	7338981,322	638,963	0,0009	0,0013	0,0004
MSU_06	529808,348	7338939,726	638,968	0,0006	0,0011	0,0013
MSU_07						
MSU_08	529763,076	7338866,556	638,969	0,0008	0,0009	0,0009
MSU_09	529736,747	7338824,025	638,974	0,0009	0,0008	0,0007
MSU_10	529720,442	7338797,678	638,975	0,0008	0,0006	0,0005
MSU_11	529711,443	7338783,282	638,981	0,0006	0,0009	0,0007
MSU_12	529679,042	7338730,840	638,980	0,0008	0,0007	0,0003
MSU_13	529657,958	7338696,813	638,980	0,0006	0,0005	0,0003
MSU_14	529632,191	7338655,183	638,986	0,0004	0,0004	0,0003
MSU_15	529610,082	7338619,448	638,985	0,0002	0,0004	0,0003
MSU_16	529590,126	7338587,130	638,987	0,0002	0,0003	0,0002
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 13 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 3

PG02	Época 03 (07/06/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,855	7339108,683	638,960	0,0008	0,0008	0,0009
MSU_02	529917,727	7339103,987	638,956	0,0004	0,0010	0,0007
MSU_03	529882,042	7339058,729	638,961	0,0008	0,0008	0,0012
MSU_04	529855,160	7339015,339	638,962	0,0007	0,0010	0,0008
MSU_05	529834,122	7338981,319	638,965	0,0008	0,0006	0,0007
MSU_06	529808,351	7338939,724	638,971	0,0004	0,0007	0,0007
MSU_07						
MSU_08	529763,080	7338866,551	638,968	0,0006	0,0005	0,0005
MSU_09	529736,752	7338824,023	638,974	0,0004	0,0006	0,0010
MSU_10	529720,444	7338797,676	638,977	0,0004	0,0005	0,0005
MSU_11	529711,447	7338783,279	638,982	0,0003	0,0005	0,0005
MSU_12	529679,046	7338730,838	638,983	0,0003	0,0005	0,0003
MSU_13	529657,961	7338696,811	638,982	0,0002	0,0004	0,0002
MSU_14	529632,196	7338655,183	638,988	0,0002	0,0003	0,0002

continua

conclusão

MSU_15	529610,086	7338619,447	638,987	0,0001	0,0005	0,0001
MSU_16	529590,126	7338587,131	638,989	0,0001	0,0003	0,0001
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 14 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 4

PG02	Época 04 (18/07/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,855	7339108,683	638,961	0,0011	0,0009	0,0008
MSU_02	529917,730	7339103,986	638,958	0,0008	0,0009	0,0008
MSU_03	529882,043	7339058,728	638,962	0,0010	0,0009	0,0008
MSU_04	529855,159	7339015,338	638,962	0,0010	0,0005	0,0010
MSU_05	529834,124	7338981,318	638,964	0,0007	0,0005	0,0008
MSU_06	529808,353	7338939,723	638,969	0,0009	0,0005	0,0006
MSU_07						
MSU_08	529763,082	7338866,550	638,969	0,0004	0,0005	0,0006
MSU_09	529736,752	7338824,023	638,973	0,0005	0,0004	0,0005
MSU_10	529720,443	7338797,676	638,975	0,0006	0,0004	0,0004
MSU_11	529711,445	7338783,280	638,979	0,0003	0,0004	0,0005
MSU_12	529679,047	7338730,838	638,980	0,0002	0,0003	0,0004
MSU_13	529657,961	7338696,811	638,979	0,0003	0,0003	0,0004
MSU_14	529632,198	7338655,183	638,986	0,0002	0,0002	0,0003
MSU_15	529610,087	7338619,447	638,986	0,0002	0,0003	0,0003
MSU_16	529590,126	7338587,132	638,989	0,0001	0,0003	0,0001
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 15 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 5

PG02	Época 05 (16/08/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,839	7339108,691	638,967	0,0010	0,0013	0,0018
MSU_02	529917,704	7339103,999	638,968	0,0016	0,0008	0,0024
MSU_03						
MSU_04	529855,141	7339015,348	638,967	0,0005	0,0003	0,0008
MSU_05	529834,106	7338981,326	638,970	0,0010	0,0009	0,0011
MSU_06	529808,334	7338939,732	638,975	0,0008	0,0006	0,0009
MSU_07						
MSU_08	529763,062	7338866,559	638,973	0,0007	0,0007	0,0015
MSU_09	529736,736	7338824,030	638,975	0,0009	0,0005	0,0009
MSU_10	529720,430	7338797,683	638,980	0,0004	0,0005	0,0012
MSU_11	529711,432	7338783,286	638,984	0,0006	0,0005	0,0008
MSU_12	529679,037	7338730,843	638,983	0,0005	0,0005	0,0009
MSU_13	529657,955	7338696,814	638,982	0,0001	0,0001	0,0012

continua

conclusão

MSU_14	529632,195	7338655,183	638,988	0,0003	0,0003	0,0011
MSU_15	529610,087	7338619,448	638,988	0,0003	0,0005	0,0004
MSU_16	529590,129	7338587,131	638,989	0,0001	0,0001	0,0003
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

O ponto MSU_03 não foi observado na campanha de levantamento 5, pois estava obstruído.

TABELA 16 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 6

PG02	Época 06 (04/09/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,855	7339108,682	638,961	0,0011	0,0013	0,0011
MSU_02	529917,726	7339103,988	638,963	0,0012	0,0012	0,0019
MSU_03	529882,040	7339058,729	638,964	0,0016	0,0010	0,0007
MSU_04	529855,158	7339015,339	638,965	0,0012	0,0009	0,0008
MSU_05	529834,123	7338981,318	638,968	0,0009	0,0009	0,0008
MSU_06	529808,350	7338939,725	638,971	0,0012	0,0008	0,0007
MSU_07						
MSU_08	529763,078	7338866,552	638,970	0,0010	0,0008	0,0009
MSU_09	529736,750	7338824,023	638,975	0,0005	0,0006	0,0008
MSU_10	529720,442	7338797,677	638,977	0,0008	0,0006	0,0005
MSU_11	529711,443	7338783,282	638,982	0,0004	0,0005	0,0005
MSU_12	529679,046	7338730,840	638,981	0,0007	0,0004	0,0004
MSU_13	529657,963	7338696,811	638,980	0,0004	0,0004	0,0003
MSU_14	529632,199	7338655,182	638,987	0,0004	0,0004	0,0004
MSU_15	529610,089	7338619,446	638,986	0,0002	0,0001	0,0002
MSU_16	529590,127	7338587,131	638,989	0,0001	0,0004	0,0002
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 17 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG02 NA ÉPOCA 7

PG02	Época 07 (8/11/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,836	7339108,694	638,963	0,0008	0,0010	0,0011
MSU_02	529917,694	7339104,005	638,961	0,0006	0,0012	0,0007
MSU_03	529882,009	7339058,745	638,964	0,0007	0,0011	0,0010
MSU_04	529855,126	7339015,356	638,967	0,0010	0,0004	0,0003
MSU_05	529834,091	7338981,334	638,969	0,0005	0,0010	0,0004
MSU_06	529808,322	7338939,738	638,972	0,0006	0,0008	0,0005
MSU_07						
MSU_08	529763,046	7338866,566	638,973	0,0004	0,0007	0,0004

continua

conclusão

MSU_09	529736,720	7338824,037	638,977	0,0004	0,0005	0,0004
MSU_10	529720,414	7338797,691	638,979	0,0003	0,0006	0,0004
MSU_11	529711,416	7338783,294	638,983	0,0003	0,0005	0,0002
MSU_12	529679,022	7338730,850	638,983	0,0003	0,0004	0,0003
MSU_13	529657,941	7338696,819	638,982	0,0004	0,0008	0,0001
MSU_14	529632,184	7338655,187	638,988	0,0001	0,0006	0,0003
MSU_15	529610,079	7338619,448	638,988	0,0001	0,0004	0,0002
MSU_16	529590,126	7338587,131	638,989	0,0001	0,0004	0,0002
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

As diferenças entre as coordenadas da época 1 e as demais campanhas de levantamento, obtidas a partir do pilar geodésico PG02 podem ser visualizadas no Apêndice 03 (página 125). Analisando-se os dados é possível notar que chega-se a resultados da ordem centimétrica (-3,4 cm) e do centésimo do milímetro (-0,02 mm) para variações máximas e mínimas, respectivamente. Detalhes das variações de cada MSU, calculados a partir de PG02, devem ser visualizados no Apêndice 04 (página 128).

Finalmente, nas Tabelas 18 a 24 podem ser visualizadas as coordenadas dos dezessete pontos de monitoramento a jusante e do pilar geodésico PGG01, calculadas a partir do pilar PG03 nas diversas épocas de levantamento.

TABELA 18 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 1

PG03	Época 01 (31/03/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01						
MGE_02						
MGE_03	529688,591	7338755,249	628,573	0,0006	0,0004	0,0004
MGE_04	529632,390	7338668,017	625,811	0,0004	0,0005	0,0005
MGE_05	529632,433	7338667,997	624,804	0,0005	0,0006	0,0005
MGE_06	529645,593	7338701,618	616,559	0,0003	0,0007	0,0006
MGE_07	529667,119	7338736,346	616,546	0,0003	0,0006	0,0004
MGE_08	529737,038	7338833,398	628,459	0,0004	0,0004	0,0005
MGE_09	529752,493	7338858,274	628,476	0,0003	0,0004	0,0004
MGE_10	529763,955	7338876,827	628,496	0,0005	0,0002	0,0004
MGE_11	529775,819	7338896,005	628,352	0,0004	0,0003	0,0003
MGE_12	529790,887	7338920,460	628,531	0,0004	0,0003	0,0003
MGE_13	529817,435	7338963,396	628,634	0,0005	0,0003	0,0003
MGE_14						
MGE_15	529797,694	7338943,724	618,676	0,0004	0,0004	0,0005
MGE_16	529781,198	7338917,023	618,747	0,0004	0,0002	0,0003

continua

conclusão

MGE_17	529764,272	7338889,641	618,799	0,0004	0,0004	0,0002
PGG01	529800,511	7338949,582	618,840	0,0008	0,0005	0,0004

FONTE: A autora (2012)

Como mencionado, os pontos MGE_01 e MGE_02 não foram observados na época 1, pois estavam rotacionados em relação ao observador. Já o ponto MGE_14 não foi visualizado, pois estava obstruído.

TABELA 19 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 2

PG03	Época 02 (20/04/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01	529624,346	7338651,418	628,529	0,0004	0,0006	0,0005
MGE_02	529662,840	7338713,637	628,570	0,0005	0,0005	0,0003
MGE_03	529688,594	7338755,249	628,573	0,0005	0,0004	0,0003
MGE_04	529632,401	7338668,017	625,811	0,0004	0,0006	0,0003
MGE_05	529632,445	7338667,997	624,805	0,0005	0,0006	0,0003
MGE_06	529645,604	7338701,619	616,559	0,0004	0,0006	0,0002
MGE_07	529667,128	7338736,347	616,547	0,0005	0,0004	0,0004
MGE_08	529737,029	7338833,390	628,458	0,0003	0,0004	0,0003
MGE_09	529752,488	7338858,269	628,476	0,0003	0,0003	0,0002
MGE_10	529763,956	7338876,826	628,496	0,0001	0,0001	0,0002
MGE_11	529775,823	7338896,009	628,352	0,0002	0,0002	0,0003
MGE_12	529790,892	7338920,466	628,531	0,0004	0,0002	0,0003
MGE_13	529817,434	7338963,393	628,633	0,0004	0,0002	0,0003
MGE_14	529795,861	7338933,701	623,842	0,0001	0,0002	0,0001
MGE_15	529797,697	7338943,727	618,675	0,0003	0,0002	0,0002
MGE_16	529781,203	7338917,029	618,747	0,0004	0,0002	0,0003
MGE_17	529764,273	7338889,642	618,798	0,0005	0,0003	0,0001
PGG01	529800,512	7338949,583	618,840	0,0006	0,0003	0,0003

FONTE: A autora (2012)

TABELA 20 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 3

PG03	Época 03 (7/06/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01	529624,335	7338651,418	628,530	0,0006	0,0003	0,0005
MGE_02	529662,827	7338713,636	628,571	0,0004	0,0003	0,0005
MGE_03	529688,590	7338755,249	628,573	0,0006	0,0003	0,0002
MGE_04	529632,388	7338668,017	625,812	0,0004	0,0001	0,0003
MGE_05	529632,432	7338667,997	624,805	0,0005	0,0003	0,0005
MGE_06	529645,590	7338701,618	616,560	0,0003	0,0004	0,0007
MGE_07	529667,116	7338736,345	616,546	0,0004	0,0003	0,0007
MGE_08	529737,037	7338833,397	628,459	0,0003	0,0003	0,0002
MGE_09	529752,492	7338858,273	628,476	0,0003	0,0003	0,0003
MGE_10	529763,955	7338876,826	628,496	0,0002	0,0003	0,0003

continua

conclusão

MGE_11	529775,818	7338896,005	628,353	0,0002	0,0004	0,0002
MGE_12	529790,887	7338920,458	628,531	0,0003	0,0002	0,0003
MGE_13	529817,433	7338963,392	628,634	0,0002	0,0004	0,0004
MGE_14	529795,856	7338933,694	623,843	0,0002	0,0002	0,0002
MGE_15	529797,693	7338943,721	618,677	0,0003	0,0002	0,0002
MGE_16	529781,198	7338917,022	618,748	0,0003	0,0002	0,0002
MGE_17	529764,271	7338889,639	618,799	0,0003	0,0002	0,0003
PGG01						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 21 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 4

PG03	Época 04 (18/07/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01	529624,335	7338651,418	628,528	0,0005	0,0005	0,0009
MGE_02	529662,826	7338713,635	628,567	0,0004	0,0003	0,0007
MGE_03	529688,586	7338755,248	628,572	0,0005	0,0004	0,0009
MGE_04	529632,390	7338668,017	625,813	0,0006	0,0004	0,0012
MGE_05	529632,432	7338667,997	624,807	0,0003	0,0004	0,0011
MGE_06	529645,591	7338701,618	616,561	0,0005	0,0003	0,0010
MGE_07	529667,115	7338736,346	616,547	0,0005	0,0003	0,0012
MGE_08	529737,035	7338833,396	628,458	0,0004	0,0003	0,0011
MGE_09	529752,492	7338858,273	628,475	0,0003	0,0002	0,0009
MGE_10	529763,954	7338876,826	628,496	0,0003	0,0002	0,0009
MGE_11	529775,819	7338896,006	628,353	0,0003	0,0003	0,0009
MGE_12	529790,886	7338920,457	628,531	0,0004	0,0003	0,0008
MGE_13	529817,433	7338963,391	628,635	0,0002	0,0003	0,0007
MGE_14	529795,856	7338933,694	623,843	0,0002	0,0004	0,0007
MGE_15	529797,693	7338943,721	618,676	0,0002	0,0004	0,0005
MGE_16	529781,198	7338917,023	618,747	0,0003	0,0003	0,0005
MGE_17	529764,272	7338889,641	618,798	0,0004	0,0003	0,0004
PGG01	529800,510	7338949,579	618,839	0,0001	0,0003	0,0003

FONTE: A autora (2012)

TABELA 22 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 5

PG03	Época 05 (16/08/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01	529624,345	7338651,418	628,527	0,0007	0,0005	0,0006
MGE_02	529662,838	7338713,639	628,566	0,0008	0,0004	0,0005
MGE_03	529688,592	7338755,251	628,569	0,0006	0,0003	0,0005
MGE_04	529632,399	7338668,018	625,809	0,0009	0,0004	0,0006
MGE_05	529632,444	7338667,998	624,802	0,0008	0,0004	0,0007
MGE_06	529645,602	7338701,620	616,557	0,0008	0,0005	0,0003
MGE_07	529667,125	7338736,349	616,545	0,0007	0,0004	0,0005
MGE_08	529737,026	7338833,392	628,457	0,0005	0,0004	0,0005

continua

conclusão

MGE_09	529752,487	7338858,270	628,473	0,0004	0,0005	0,0004
MGE_10	529763,954	7338876,826	628,494	0,0004	0,0003	0,0003
MGE_11	529775,823	7338896,010	628,350	0,0004	0,0004	0,0004
MGE_12	529790,892	7338920,465	628,529	0,0003	0,0002	0,0002
MGE_13	529817,435	7338963,392	628,632	0,0003	0,0002	0,0004
MGE_14	529795,860	7338933,699	623,840	0,0005	0,0005	0,0005
MGE_15	529797,696	7338943,725	618,674	0,0004	0,0003	0,0005
MGE_16	529781,203	7338917,029	618,745	0,0002	0,0005	0,0005
MGE_17	529764,273	7338889,642	618,798	0,0003	0,0002	0,0003
PGG01	529800,513	7338949,583	618,839	0,0003	0,0003	0,0004

FONTE: A autora (2012)

TABELA 23 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 6

PG03	Época 06 (04/09/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01	529624,348	7338651,419	628,526	0,0007	0,0005	0,0006
MGE_02	529662,843	7338713,640	628,566	0,0005	0,0004	0,0003
MGE_03	529688,597	7338755,254	628,569	0,0004	0,0004	0,0005
MGE_04	529632,403	7338668,019	625,810	0,0005	0,0004	0,0005
MGE_05	529632,447	7338667,999	624,803	0,0004	0,0001	0,0002
MGE_06	529645,606	7338701,620	616,556	0,0002	0,0001	0,0005
MGE_07	529667,131	7338736,351	616,544	0,0003	0,0005	0,0003
MGE_08	529737,027	7338833,393	628,456	0,0004	0,0002	0,0006
MGE_09	529752,485	7338858,269	628,473	0,0004	0,0002	0,0004
MGE_10	529763,953	7338876,826	628,493	0,0004	0,0002	0,0002
MGE_11	529775,822	7338896,009	628,351	0,0002	0,0003	0,0004
MGE_12	529790,893	7338920,468	628,529	0,0003	0,0003	0,0002
MGE_13	529817,436	7338963,396	628,632	0,0003	0,0004	0,0002
MGE_14	529795,862	7338933,703	623,841	0,0004	0,0003	0,0003
MGE_15	529797,698	7338943,729	618,675	0,0004	0,0002	0,0004
MGE_16	529781,203	7338917,030	618,746	0,0003	0,0003	0,0003
MGE_17	529764,270	7338889,641	618,797	0,0003	0,0003	0,0004
PGG01	529800,513	7338949,589	618,837	0,0002	0,0003	0,0003

FONTE: A autora (2012)

TABELA 24 - COORDENADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE CALCULADAS A PARTIR DO PILAR GEODÉSICO PG03 NA ÉPOCA 7

PG03	Época 07 (07/11/2012)			Desvio Padrão da média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MGE_01	529624,341	7338651,419	628,524	0,0004	0,0010	0,0007
MGE_02	529662,834	7338713,641	628,567	0,0004	0,0006	0,0005
MGE_03	529688,594	7338755,257	628,569	0,0005	0,0004	0,0005
MGE_04	529632,394	7338668,018	625,808	0,0007	0,0001	0,0009
MGE_05	529632,436	7338667,998	624,802	0,0004	0,0006	0,0004
MGE_06	529645,597	7338701,620	616,556	0,0004	0,0001	0,0006
MGE_07	529667,122	7338736,351	616,543	0,0006	0,0002	0,0006
MGE_08	529737,035	7338833,402	628,456	0,0005	0,0003	0,0003

continua

conclusão

MGE_09	529752,488	7338858,276	628,473	0,0003	0,0003	0,0003
MGE_10	529763,952	7338876,829	628,494	0,0003	0,0003	0,0003
MGE_11	529775,818	7338896,009	628,350	0,0003	0,0003	0,0003
MGE_12	529790,889	7338920,465	628,529	0,0004	0,0002	0,0004
MGE_13	529817,437	7338963,401	628,633	0,0001	0,0004	0,0004
MGE_14	529795,859	7338933,701	623,841	0,0003	0,0003	0,0003
MGE_15	529797,697	7338943,728	618,674	0,0002	0,0003	0,0002
MGE_16	529781,200	7338917,027	618,745	0,0004	0,0002	0,0002
MGE_17	529764,268	7338889,641	618,796	0,0003	0,0003	0,0002
PGG01	529800,515	7338949,588	618,837	0,0006	0,0003	0,0003

FONTE: A autora (2012)

As diferenças entre as coordenadas da época 1, calculadas a partir do pilar geodésico PG03 e as demais épocas de levantamento, podem ser visualizadas no Apêndice 05 (página 135). Como mencionado, não houve observações para três pontos de monitoramento na primeira campanha (MGE_01, MGE_02 e MGE_14), logo, tomou-se como referência a época 2 para a comparação apenas destas coordenadas. Analisando-se os resultados é possível verificar que em alguns pontos a variação mínima chega a ordem do centésimo do milímetro (0,01 mm), enquanto na variação máxima a ordem é centimétrica (1,4 cm). Maiores detalhes do comportamento de cada MSU podem ser verificados no Apêndice 06 (página 138).

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A fim de obter informações relativas aos resultados encontrados, ou seja, as coordenadas calculadas para os pontos de monitoramento da barragem, recorreu-se as inferências estatísticas. Considera-se importante testar se existe diferença significativa entre as variâncias populacionais σ_1^2 e σ_2^2 . Segundo Dalmolin (2011), a variância é um valor que expressa a precisão de um conjunto de observações, logo, é possível verificar, dentro de certo nível de significância, se há diferenças significativas na precisão da determinação das coordenadas de cada um dos pontos de monitoramento, entre cada uma das épocas de levantamento.

Segundo Marques (2004), o teste para a comparação de duas variâncias consiste dos seguintes passos:

- (a) H_0 : a hipótese nula afirma que não existe diferença significativa entre as variâncias populacionais σ_1^2 e σ_2^2 , ou seja, $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$;
- (b) H_1 : a hipótese alternativa afirma que existe diferença significativa entre as variâncias populacionais σ_1^2 e σ_2^2 , ou seja, $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$;
- (c) Fixar o nível de significância α ;
- (d) Determinar o valor crítico $F_{\alpha/2}$ na tabela de distribuição F de Snedecor. Os graus de liberdade do numerador e do denominador são, respectivamente: $v_1 = n_1 - 1$ e $v_2 = n_2 - 1$, onde n_1 e n_2 são o tamanho das amostras.
- (e) Com base nas amostras utilizadas, calcular a estatística F do teste:

$$F = \frac{\max(s_1^2, s_2^2)}{\min(s_1^2, s_2^2)} \quad (12)$$

onde:

s_1^2 e s_2^2 são as variâncias amostrais;

$\max(s_1^2, s_2^2)$ é a maior das duas variâncias amostrais; e

$\min(s_1^2, s_2^2)$ é a menor das duas variâncias amostrais.

- (f) Tomada de decisão: se $F > F_{\alpha/2}$, rejeita-se H_0 , caso contrário, aceita-se H_0 .

O nível de significância utilizado foi de 5% ou 0,05, então $\alpha/2$ é igual a 0,025 para um teste bilateral. Após o cálculo do número de graus de liberdade, $F_{\alpha/2}$ resulta em 4,43, da tabela de distribuição F de Snedecor.

A aplicação do teste consiste em calcular por meio da Equação 22 a estatística F, com isso, compara-se o valor encontrado com $F_{\alpha/2}$. Caso F seja maior que $F_{\alpha/2}$ a hipótese nula é rejeitada, ou seja, existe diferença significativa, ao nível de significância de 5%, entre as variâncias populacionais das coordenadas.

O teste para a comparação de duas variâncias foi realizado para cada um dos pilares geodésicos (PG01, PG02 e PG03), onde analisou-se cada um dos pontos de monitoramento separadamente, tomando-se como referência as variâncias da primeira campanha de levantamento e comparando com as demais

épocas. Este teste também foi aplicado entre cada um dos MSU obtidos por PG01 e PG02 na mesma época de levantamento. Todos os resultados podem ser visualizados no Apêndice 07 (página 145).

Analisando-se os resultados para os pontos a montante, a partir de PG01 entre épocas, pode-se concluir que nem todos os MSU são determinados com mesma precisão. Em alguns pontos as coordenadas planimétricas são rejeitadas, ou seja, não foram obtidas com mesma precisão, dentro do nível de significância de 5%. Mas na coordenada altimétrica H_0 é aceito, ou seja, foram obtidas com a mesma precisão ao nível de significância adotado. O contrário também ocorre (rejeita-se H_0 na altitude e aceita-se H_0 na planimetria). É possível perceber que o MSU_09 é o único ponto onde rejeita-se a hipótese nula em todas as direções (leste, norte e altitude) na comparação entre as campanhas 1 e 2, 1 e 3, 1 e 5, 1 e 6, e 1 e 7. A comparação das variâncias na campanha 1 e 5 é a que apresenta o maior número de pontos onde aceita-se a hipótese nula. Rejeitou-se H_0 apenas na direção norte nos pontos MSU_03 e MSU_09, leste (MSU_09) e altitude (MSU_02).

Os resultados obtidos para verificar se existem diferenças significativas entre as variâncias dos pontos calculados a partir de PG02, entre épocas, mostram que na análise feita entre as campanhas 1 e 6 há a maior aceitação da hipótese nula. Rejeita-se H_0 apenas nos pontos MSU_01 (leste e norte), MSU_02 (altitude), MSU_15 (norte) e MSU_16 (leste). Nas demais campanhas verifica-se que um grande número de pontos tem a hipótese nula aceita, ou seja, são determinadas com mesma precisão, ao nível de significância de 5%.

Com relação aos resultados obtidos a partir do pilar PG03, verifica-se que a comparação entre as épocas 1 e 3 é a que apresenta o menor número de rejeições para a hipótese nula (MGE_10 - leste, MGE _15 - altitude e MGE _17 – norte). Nas outras épocas, aceitou-se H_0 dentro do nível de significância adotado, na maioria dos pontos. Nas épocas 1 e 5 ocorreu o maior número de rejeições para H_0 (MGE_04, MGE _06, MGE _07 e MGE _14 para a direção leste, MGE _10 e MGE _14 para o norte, e MGE _14 e MGE _16 na altitude). Nota-se que o ponto MGE _14 foi rejeitado em todas as direções. Como não houve observações para os pontos MGE _01 e MGE _02 na primeira campanha de levantamento, utilizou-se como referência a época dois.

Finalmente, analisando-se as variâncias de PG01 e PG02 conjuntamente, para cada uma das épocas, ou seja, comparando-se as variâncias obtidas na época 1 por PG01 com as variâncias da época 1 por PG02, e assim por diante, chega-se a conclusão de que as coordenadas dos pontos a montante, em sua grande maioria, não são determinadas com mesma precisão, dentro do nível de significância de 5%. Estas, provavelmente sofrem influências de diversos fatores, como por exemplo, condições meteorológicas e refração, pois os horários dos levantamentos em cada um dos pilares são diferentes. Na comparação entre as épocas 3, aceita-se a hipótese nula em todas as direções apenas nos pontos MSU_08, MSU_09, MSU_10 e MSU_11, sendo o restante rejeitado.

Comparando-se separadamente os resultados do teste obtido para os pilares PG01 e PG02 na mesma época de levantamento, ou seja, os resultados da comparação das variâncias calculadas a partir de PG01 entre as sete épocas de levantamento e de PG02 (também entre as sete épocas de levantamento), é possível verificar que a precisão na determinação das coordenadas variam aleatoriamente em uma mesma campanha, logo, não há como afirmar qual dos pilares permite obter informações que resultem em coordenadas mais precisas. Além de que, não há como dizer qual das coordenadas, ou qual dos pilares, fornecem resultados mais acurados, ou seja, que mais se aproximam dos valores verdadeiros. Com isso, definiu-se calcular a média das coordenadas de cada MSU obtidas pelos pilares PG01 e PG02 entre as mesmas épocas. Nas Tabelas 25 a 30 é possível visualizar os resultados obtidos. Os pontos MSU_07 e MSU_17 não possuem coordenadas médias, pois não são observados a partir de PG02.

TABELA 25 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 1

PG01/PG02	Época 01 (31/03/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,846	7339108,676	638,972	0,0166	0,0100	0,0239
MSU_02	529917,714	7339103,981	638,970	0,0182	0,0117	0,0218
MSU_03	529882,029	7339058,725	638,973	0,0178	0,0089	0,0159
MSU_04	529855,145	7339015,335	638,970	0,0163	0,0093	0,0159
MSU_05	529834,109	7338981,313	638,972	0,0152	0,0124	0,0128
MSU_06	529808,339	7338939,716	638,975	0,0132	0,0151	0,0097
MSU_07						
MSU_08	529763,069	7338866,542	638,970	0,0099	0,0186	0,0023
MSU_09	529736,742	7338824,011	638,975	0,0081	0,0190	0,0009
MSU_10	529720,436	7338797,665	638,974	0,0084	0,0182	0,0016
MSU_11	529711,439	7338783,268	638,979	0,0065	0,0193	0,0029
MSU_12	529679,037	7338730,827	638,976	0,0061	0,0186	0,0070
MSU_13	529657,952	7338696,800	638,975	0,0081	0,0174	0,0074
MSU_14	529632,188	7338655,171	638,978	0,0035	0,0175	0,0111
MSU_15	529610,081	7338619,434	638,975	0,0021	0,0193	0,0147
MSU_16	529590,124	7338587,117	638,975	0,0029	0,0189	0,0173
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 26 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 3

PG01/PG02	Época 03 (07/06/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01						
MSU_02	529917,715	7339103,983	638,971	0,0166	0,0055	0,0207
MSU_03	529882,029	7339058,724	638,973	0,0190	0,0074	0,0168
MSU_04	529855,147	7339015,332	638,972	0,0189	0,0090	0,0145
MSU_05	529834,109	7338981,314	638,974	0,0181	0,0077	0,0129
MSU_06	529808,337	7338939,721	638,976	0,0206	0,0044	0,0084
MSU_07						
MSU_08	529763,065	7338866,550	638,971	0,0223	0,0021	0,0042
MSU_09	529736,737	7338824,021	638,975	0,0216	0,0034	0,0005
MSU_10	529720,429	7338797,673	638,977	0,0208	0,0040	0,0011
MSU_11	529711,431	7338783,277	638,980	0,0225	0,0028	0,0029
MSU_12	529679,032	7338730,835	638,979	0,0202	0,0042	0,0065
MSU_13	529657,947	7338696,808	638,976	0,0203	0,0043	0,0085
MSU_14	529632,183	7338655,179	638,980	0,0183	0,0061	0,0106
MSU_15	529610,075	7338619,441	638,978	0,0154	0,0078	0,0140
MSU_16	529590,116	7338587,126	638,978	0,0141	0,0073	0,0160
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 27 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 4

PG01/PG02	Época 04 (18/07/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,844	7339108,676	638,976	0,0159	0,0095	0,0203
MSU_02	529917,716	7339103,979	638,972	0,0192	0,0101	0,0191
MSU_03	529882,029	7339058,723	638,973	0,0194	0,0071	0,0159
MSU_04	529855,147	7339015,330	638,971	0,0172	0,0107	0,0130
MSU_05	529834,113	7338981,308	638,973	0,0155	0,0133	0,0128
MSU_06	529808,342	7338939,713	638,975	0,0157	0,0139	0,0092
MSU_07						
MSU_08	529763,072	7338866,540	638,971	0,0146	0,0130	0,0032
MSU_09	529736,742	7338824,014	638,973	0,0133	0,0139	0,0003
MSU_10	529720,434	7338797,667	638,974	0,0128	0,0135	0,0014
MSU_11	529711,435	7338783,271	638,977	0,0139	0,0119	0,0016
MSU_12	529679,037	7338730,830	638,975	0,0134	0,0116	0,0065
MSU_13	529657,952	7338696,803	638,974	0,0128	0,0121	0,0082
MSU_14	529632,190	7338655,174	638,978	0,0112	0,0131	0,0110
MSU_15	529610,079	7338619,438	638,976	0,0111	0,0122	0,0138
MSU_16	529590,121	7338587,123	638,978	0,0078	0,0132	0,0163
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 28-COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 5

PG01/PG02	Época 05 (16/08/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,836	7339108,680	638,979	0,0045	0,0160	0,0173
MSU_02	529917,702	7339103,984	638,977	0,0028	0,0211	0,0127
MSU_03						
MSU_04	529855,137	7339015,336	638,974	0,0048	0,0164	0,0094
MSU_05	529834,103	7338981,313	638,976	0,0043	0,0186	0,0084
MSU_06	529808,333	7338939,717	638,978	0,0018	0,0206	0,0039
MSU_07						
MSU_08	529763,061	7338866,544	638,973	0,0012	0,0214	0,0000
MSU_09	529736,735	7338824,015	638,974	0,0003	0,0215	0,0018
MSU_10	529720,429	7338797,668	638,976	0,0019	0,0214	0,0053
MSU_11	529711,431	7338783,272	638,980	0,0024	0,0201	0,0050
MSU_12	529679,035	7338730,829	638,977	0,0027	0,0195	0,0081
MSU_13	529657,952	7338696,800	638,974	0,0035	0,0197	0,0105
MSU_14	529632,193	7338655,170	638,978	0,0030	0,0191	0,0131
MSU_15	529610,085	7338619,433	638,976	0,0034	0,0204	0,0164
MSU_16	529590,126	7338587,118	638,976	0,0043	0,0186	0,0185
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 29 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICOS PG01 E PG02 NA ÉPOCA 6

PG01/PG02	Época 06 (04/09/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,844	7339108,677	638,976	0,0144	0,0072	0,0212
MSU_02	529917,715	7339103,984	638,974	0,0159	0,0059	0,0166
MSU_03	529882,028	7339058,724	638,974	0,0173	0,0075	0,0149
MSU_04	529855,145	7339015,336	638,973	0,0187	0,0045	0,0117
MSU_05	529834,109	7338981,317	638,974	0,0211	0,0019	0,0088
MSU_06	529808,336	7338939,722	638,976	0,0204	0,0031	0,0067
MSU_07						
MSU_08	529763,063	7338866,549	638,972	0,0206	0,0043	0,0024
MSU_09	529736,736	7338824,019	638,975	0,0202	0,0053	0,0004
MSU_10	529720,429	7338797,672	638,975	0,0186	0,0079	0,0034
MSU_11	529711,430	7338783,277	638,980	0,0183	0,0079	0,0033
MSU_12	529679,034	7338730,833	638,976	0,0166	0,0096	0,0070
MSU_13	529657,952	7338696,803	638,973	0,0153	0,0114	0,0098
MSU_14	529632,189	7338655,175	638,978	0,0146	0,0110	0,0121
MSU_15	529610,081	7338619,437	638,975	0,0118	0,0132	0,0155
MSU_16	529590,120	7338587,122	638,975	0,0099	0,0127	0,0190
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 30 - COORDENADAS MÉDIAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE CALCULADAS A PARTIR DOS PILARES GEODÉSICO PG01 E PG02 NA ÉPOCA 7

PG01/PG02	Época 07 (8/11/2012)			Desvio Padrão da Média		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
MSU_01	529971,835	7339108,682	638,977	0,0010	0,0167	0,0192
MSU_02	529917,698	7339103,992	638,974	0,0066	0,0177	0,0178
MSU_03	529882,011	7339058,732	638,975	0,0037	0,0194	0,0152
MSU_04	529855,129	7339015,342	638,974	0,0037	0,0197	0,0108
MSU_05	529834,092	7338981,322	638,976	0,0023	0,0168	0,0099
MSU_06	529808,321	7338939,729	638,977	0,0012	0,0122	0,0071
MSU_07						
MSU_08	529763,044	7338866,558	638,973	0,0031	0,0108	0,0012
MSU_09	529736,717	7338824,029	638,977	0,0040	0,0103	0,0003
MSU_10	529720,411	7338797,684	638,977	0,0049	0,0100	0,0028
MSU_11	529711,412	7338783,288	638,981	0,0062	0,0088	0,0022
MSU_12	529679,018	7338730,842	638,978	0,0060	0,0103	0,0075
MSU_13	529657,937	7338696,812	638,975	0,0063	0,0099	0,0100
MSU_14	529632,178	7338655,180	638,980	0,0077	0,0093	0,0125
MSU_15	529610,072	7338619,442	638,978	0,0098	0,0086	0,0141
MSU_16	529590,117	7338587,126	638,977	0,0132	0,0075	0,0169
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

As diferenças entre épocas para as coordenadas médias obtidas por PG01 e PG02 podem ser analisadas no Apêndice 08 (página 152), onde a época de referência é sempre a primeira campanha de levantamento. As variações máximas chegam a ordem do centímetro, enquanto que as variações mínimas ficam em torno do décimo do milímetro. O comportamento das coordenadas médias de cada MSU pode ser visualizado no Apêndice 09 (página 155).

A fim de verificar se existe diferença significativa entre as coordenadas calculadas para cada um dos pontos de monitoramento, a partir de cada pilar geodésico, definiu-se aplicar um teste para comparação de duas médias. Este, segundo Marques (2004) consiste dos seguintes passos:

- (a) H_0 : a hipótese nula afirma que não existe diferença significativa entre as duas médias populacionais μ_1 e μ_2 é d_0 , ou seja, $\mu_1 - \mu_2 = d_0$;
- (b) H_1 : a hipótese alternativa afirma que existe diferença significativa entre as duas médias populacionais μ_1 e μ_2 , ou seja, $\mu_1 - \mu_2 \neq d_0$;
- (c) Fixar o nível de significância α ;
- (d) Determinar o valor crítico $t_{\alpha/2}$, na tabela de distribuição t de *Student*. Os graus de liberdade (ν), supondo variâncias populacionais σ_1^2 e σ_2^2 diferentes, é dado pela Equação 13:

$$\nu = \frac{(w_1 + w_2)^2}{\frac{w_1^2}{n_1 - 1} + \frac{w_2^2}{n_2 - 1}} \quad (13)$$

onde:

$w_1 = \frac{s_1^2}{n_1}$ e $w_2 = \frac{s_2^2}{n_2}$, sendo o tamanho das amostras representados por n_1 e n_2 e as variâncias amostrais por s_1^2 e s_2^2 . Neste caso, o valor de ν é aproximado.

- (e) Com base na amostra utilizada, deve-se calcular a estatística t do teste:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - d_0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (14)$$

onde:

\bar{X}_1 e \bar{X}_2 são as médias amostrais; e

d_0 é um valor específico, neste caso, utiliza-se zero.

(f) Tomada de decisão: se $|t| > t_{\alpha/2}$ rejeita-se a hipótese H_0 .

Na hipótese nula (H_0) afirma-se que não há diferença significativa nas coordenadas médias de cada ponto entre duas épocas. Já na hipótese alternativa (H_1), afirma-se que há diferença significativa nas coordenadas obtidas entre as duas épocas de levantamento. O nível de significância (α) utilizado foi de 0,05 ou 5%, este segundo Marques (2004), é a probabilidade máxima com a qual se sujeita a rejeitar a hipótese nula, sendo ela verdadeira. Definiu-se também aplicar o teste de forma bilateral, ou seja, a região de rejeição está nos dois extremos da curva da distribuição t de *Student*, e como as variâncias populacionais são diferentes calcula-se o número de graus de liberdade pela Equação 13.

Os resultados do teste para comparação de duas médias para os pilares PG01, PG02, PG03 e média das coordenadas de PG01 e PG02 entre épocas de levantamento, podem ser verificados no Apêndice 10 (página 160). Analisando-se a estatística aplicada é possível verificar que aceitar ou rejeitar a hipótese nula, dentro do nível de significância adotado, está relacionado principalmente, com o valor das variâncias amostrais bem como o tamanho das amostras.

Como mencionado, os valores admissíveis de deslocamentos horizontais e verticais são de 15 milímetros e 10 milímetros respectivamente. Nas tabelas das diferenças entre as épocas de levantamento, localizadas no apêndice, constam em negrito as variações que ultrapassam estes valores. Portando, definiu-se analisá-los por meio dos testes estatísticos aplicados. Consideram-se possíveis deslocamentos os pontos cujos valores estão acima das variações toleráveis e que apresentam a hipótese nula aceita no teste para a comparação de duas variâncias, ou seja, que foram determinados com mesma precisão dentro do nível de significância de 5%. Também será levado em consideração os pontos que tiveram a hipótese H_0 rejeitada no teste para comparação de duas médias, ou seja, que apresentam diferenças significativas entre as coordenadas, ao no nível de significância de 5%.

Na Tabela 31 é possível visualizar quais são os pontos que apresentam variações nas coordenadas acima do valor admissível, bem como os respectivos resultados dos testes para a comparação de duas médias e de duas variâncias, para o pilar PG01.

TABELA 31 – VARIAÇÕES DOS PONTOS QUE ULTRAPASSAM OS VALORES ADMISSÍVEIS E RESPECTIVOS RESULTADOS DOS TESTES PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS E DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG01

PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 3			Resultado do teste para comparação de duas médias. Se $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H_0 .			Resultado do teste para comparação de duas variâncias. Se $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H_0 .		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	X	Y	Z	X	Y	Z
MSU_08		-19,0		Rejeita			Aceita		
MSU_09		-20,2		Rejeita			Rejeita		
MSU_10	15,0	-18,2		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_11	18,8	-20,6		Rejeita	Aceita		Aceita	Rejeita	
MSU_12	15,4	-18,2		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_13		-16,6		Aceita			Aceita		
MSU_14	15,7	-16,5		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_15	15,2	-15,6		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_16	15,4	-17,8		Rejeita	Aceita		Rejeita	Aceita	
PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 6			Tomada de decisão: $ t > t_{\alpha/2}$ rejeita-se H_0			Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ rejeita-se H_0		
MSU_06		-15,2		Aceita			Rejeita		
MSU_08		-16,3		Rejeita			Aceita		
MSU_09		-17,6		Rejeita			Rejeita		
MSU_11	16,6	-16,9		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7			Tomada de decisão: $ t > t_{\alpha/2}$ rejeita-se H_0			Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ rejeita-se H_0		
MSU_06		-15,4		Aceita			Rejeita		
MSU_07		-19,1		Rejeita			Aceita		
MSU_08	20,4	-21,3		Rejeita	Rejeita		Aceita	Aceita	
MSU_09	21,9	-24,0		Rejeita	Rejeita		Rejeita	Rejeita	
MSU_10	22,5	-24,2		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_11	26,5	-27,0		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_12	19,3	-21,5		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_13		-16,8		Aceita			Aceita		
MSU_14		-15,5		Aceita			Aceita		
MSU_15		-15,7		Aceita			Aceita		
MSU_16		-17,5		Aceita			Aceita		

FONTE: A autora (2012)

Analisando-se os resultados das diferenças das coordenadas entre as épocas 1 e 3 é possível constatar que as variações acima do tolerável ocorrem nos

pontos MSU_10, MSU_11, MSU_12, MSU_14, MSU_15 e MSU_16 na direção leste, e nos pontos MSU_08 ao MSU_16 para o norte. Com relação ao teste para comparações de duas médias, todos os pontos analisados na direção leste tiveram a hipótese nula rejeitada, ou seja, possuem diferenças significativas entre suas coordenadas ao nível de significância de 5%. Já para o norte, rejeitou-se H_0 nos pontos MSU_08 e MSU_09, enquanto que do MSU_10 ao MSU_16 a hipótese nula foi aceita, considerando-se que não há diferença significativa entre as coordenadas, ao nível de significância adotado. No teste para a comparação de duas variâncias, considera-se que não existe diferença significativa entre as variâncias populacionais nos pontos MSU_10 ao MSU_15 para o leste e MSU_08, MSU_10 e MSU_12 ao MSU_16 para o norte, ou seja, a hipótese nula (H_0) é aceita. H_0 é rejeitado nos MSU_16 (leste), MSU_09 (norte) e MSU_11(norte).

Na comparação entre as épocas 1 e 6 quatro pontos apresentaram variações acima do admissível. Para o teste de comparação entre duas médias apenas o MSU_11 teve H_0 rejeitado na direção leste. Enquanto que os pontos MSU_06 e MSU_11 aceitaram H_0 na direção norte, os pontos MSU_08 e MSU_09 o rejeitaram. Na comparação entre duas variâncias aceitou-se a hipótese nula nos pontos MSU_08 (norte) e MSU_11 (leste e norte), os demais foram rejeitados.

Finalmente, na comparação entre as épocas 1 e 7 onze pontos apresentaram variações acima do tolerável. No teste para comparação entre duas médias a hipótese nula foi rejeitada dos pontos MSU_08 ao MSU_12 para a direção leste e MSU_07, MSU_08 e MSU_09 para o norte. No MSU_06 e dos MSU_10 ao MSU_16 H_0 foi aceito. Já no teste aplicado para a comparação de duas variâncias rejeitou-se a hipótese nula no MSU_09 (leste e norte) e MSU_06 (norte), o restante dos pontos tiveram H_0 aceito. Ressalta-se que as campanhas de levantamento 6 e 7 foram efetuadas durante o enchimento do reservatório.

Por meio dos testes estatísticos aplicados e das análises realizadas é possível verificar que os pontos cujas diferenças apresentam variações acima do admissível e que podem indicar possíveis deslocamentos, são os que foram determinados com mesma precisão no teste para comparação de duas variâncias, dentro do nível de significância de 5%, e que rejeitaram a hipótese nula, no teste para comparação de duas médias, dentro do nível de significância de 5%. Neste caso, estes pontos estão em negrito na tabela 31 e são os MSU_08 para o norte e

MSU_10, MSU_11, MSU_12, MSU_14 e MSU_15 para o leste, na comparação entre as campanhas 1 e 3. Entre as campanhas 1 e 6 tem-se os pontos MSU_08 (norte) e MSU_11 (leste). Já os pontos que indicam possíveis deslocamentos entre as campanhas 1 e 7 são o MSU_07 (norte), MSU_08 (leste e norte), MSU_10 (leste), MSU_11 (leste) e MSU_12 (leste).

As diferenças entre as coordenadas das épocas de levantamento calculadas a partir do pilar PG02 que ultrapassam os valores admissíveis e o resultado do teste para a comparação de duas médias e de duas variâncias, podem ser visualizados na Tabela 32.

TABELA 32 - VARIAÇÕES DOS PONTOS QUE ULTRAPASSAM OS VALORES ADMISSÍVEIS E RESPECTIVOS RESULTADOS DOS TESTES DE COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS E DE DUAS VARIÂNCIAS OBTIDOS PARA O PG02

PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 5			Resultado do teste para comparação de duas médias. <i>Se $t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H_0.</i>			Resultado do teste para comparação de duas variâncias. <i>Se $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H_0.</i>		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	X	Y	Z	X	Y	Z
MSU_01	18,7		-11,8	Rejeita		Rejeita	Rejeita		Aceita
MSU_02	23,2		-13,9	Rejeita		Rejeita	Aceita		Rejeita
MSU_04	15,6			Rejeita			Aceita		
PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7			Tomada de decisão: <i>$t > t_{\alpha/2}$ rejeita-se H_0</i>			Tomada de decisão: <i>Se $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H_0.</i>		
MSU_01	21,7			Rejeita			Rejeita		
MSU_02	33,8	-16,1		Rejeita	Rejeita		Aceita	Aceita	
MSU_03	33,1			Rejeita			Aceita		
MSU_04	30,2			Rejeita			Aceita		
MSU_05	29,1			Rejeita			Aceita		
MSU_06	25,9			Rejeita			Aceita		
MSU_08	30,0			Rejeita			Aceita		
MSU_09	27,7			Rejeita			Rejeita		
MSU_10	27,6			Rejeita			Rejeita		
MSU_11	27,0			Rejeita			Aceita		
MSU_12	19,4			Rejeita			Rejeita		
MSU_13	16,9			Rejeita			Aceita		

FONTE: A autora (2012)

Analisando-se os dados é possível verificar que doze pontos tiveram variações acima do tolerável na direção leste, um ponto na altitude e outro na direção norte. Para o teste de comparação entre duas médias todos os pontos tiveram a hipótese nula rejeitada nas épocas 1 e 5 e 1 e 7. Ao verificar os resultados obtidos no teste para comparação de duas variâncias, conclui-se que na campanha

1 e 5 existe diferença significativa nos pontos MSU_01 (leste) e MSU_02 (altitude), dentro do nível de significância de 5%, ou seja, não foram determinados com mesma precisão. Já entre as épocas 1 e 7, os pontos MSU_01, MSU_09, MSU_10 e MSU_12 rejeitaram a hipótese nula na direção norte, o que significa que também não foram determinados com mesma precisão. Os pontos restantes tiveram H_0 aceito.

Com base nos critérios adotados anteriormente para definir os possíveis deslocamentos, chega-se aos seguintes pontos: MSU_01(altitude), MSU_02 e MSU_04 para o leste, nas campanhas 1 e 5 e MSU_02 (leste e norte), MSU_03, MSU_04, MSU_05, MSU_06, MSU_08, MSU_11 e MSU_13 para a direção norte nas campanhas 1 e 7. Estes também estão em negrito na Tabela 32.

Não foram encontradas variações a cima do tolerável entre as campanhas de levantamento calculadas para o pilar geodésico PG03. Com relação aos resultados obtidos para os pontos MGE_04 e MGE_05, instalados na haste metálica, não foi verificado a indicação de um comportamento que aumenta-se os valores das diferenças em relação aos demais pontos monitorados. Tomando-se como exemplo a campanha 1 e 3 é possível visualizar através da Tabela 39, no Apêndice 05 (página 135), que estes possuem variações menores do que o MGE_06 ou MGE_07. Já entre as campanhas 1 e 2 os pontos da haste são os que apresentam maiores variações, na ordem centimétrica, mas os demais pontos também possuem variações com estas grandezas. Portanto, não é possível afirmar que as variações obtidas foram amplificadas.

As variações calculadas entre as coordenadas obtidas através da média dos dados de PG01 e PG02, que ultrapassam os valores admissíveis, e os resultados dos testes para comparação de duas médias e de duas variâncias, podem ser visualizados na Tabela 33.

TABELA 33 - VARIAÇÕES DOS PONTOS QUE ULTRAPASSAM OS VALORES ADMISSÍVEIS OBTIDOS ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02, E RESPECTIVOS RESULTADOS DOS TESTES DE COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS E DE DUAS VARIÂNCIAS

PG01 PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7			Resultado do teste para comparação de duas médias. Se $ t > t_{\alpha/2}$ rejeita-se H_0 .			Resultado do teste para comparação de duas variâncias. Se $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H_0 .		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	X	Y	Z	X	Y	Z
MSU_02	16,3			Aceita			Rejeita		
MSU_03	17,9			Aceita			Rejeita		
MSU_04	16,1			Aceita			Rejeita		
MSU_05	16,8			Aceita			Rejeita		
MSU_06	17,4			Aceita			Rejeita		
MSU_08	25,2	-15,8		Aceita	Aceita		Rejeita	Aceita	
MSU_09	24,8	-17,8		Aceita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_10	25,0	-18,3		Aceita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_11	26,7	-19,7		Rejeita	Aceita		Aceita	Rejeita	
MSU_12	19,3	-15,6		Rejeita	Aceita		Aceita	Aceita	
MSU_13	15,6			Aceita			Aceita		

FONTE: A autora (2012)

Com relação a tomada de decisão é possível notar que o teste estatístico para a comparação de duas médias forneceu inferências onde aceita-se e rejeita-se a hipótese nula. Analisando-se os dados é possível concluir o quanto aceitar ou rejeitar H_0 está relacionado com o tamanho e a variância da amostra, pois como as coordenadas são obtidas através da média das médias das observações de PG01 e PG02, tem-se que no cálculo das variâncias o valor encontrado é maior do que quando obtido por meio das séries de observações a partir de um único pilar. O tamanho da amostra, neste caso, também é menor. Pode-se verificar na Tabela 34, que mesmo com variações acima do tolerável para a direção leste (MSU_02 ao MSU_13) e norte (MSU_08 ao MSU_12), aceitou-se a hipótese nula, ou seja, considerou-se que não houve diferenças significativas entre as coordenadas médias, ao nível de significância de 5%, nos pontos MSU_02 ao MSU_10 e MSU_13 para leste e do MSU_08 ao MSU_12 para o norte. Já nos pontos MSU_11 e MSU_12 a hipótese H_0 foi rejeitada.

Analisando-se os resultados para o teste de comparação de duas variâncias, na campanha 1 e 7, é possível notar que do MSU_01 ao MSU_08 para a direção leste, existe diferença significativa, ao nível de significância de 5%, na precisão da determinação das coordenadas. Já para a direção norte, rejeitou-se H_0 apenas no MSU_11. O restante dos pontos teve H_0 aceito. Com isso, conclui-se que os pontos

cujas diferenças das coordenadas apresentam variações acima do tolerável, que tiveram a hipótese nula rejeitada na comparação de duas médias e que na comparação das variâncias aceitaram H_0 , ou seja, possuem mesma precisão, podem indicar possíveis deslocamentos, dentro dos níveis de significância de 0,05. Estes, são indicados em negrito na Tabela 33 e são: **MSU_11** e **MSU_12** para a direção leste.

Finalmente, conforme as características definidas para considerar se os pontos de monitoramento da Usina Hidrelétrica Mauá sofreram deslocamentos ao longo das campanhas de monitoramento, ou seja, se possuem variações entre épocas de levantamento acima do limite tolerável de 15mm para as direções leste e norte e 10mm na altitude, bem como tiveram a hipótese nula rejeitada no teste de comparação entre médias, a qual afirma existir diferenças significativas entre as coordenadas, ao nível de significância de 0,05, e que também atentem ao teste que compara as variâncias das coordenadas, aceitando-se a hipótese H_0 , o que indica que as coordenadas foram determinadas com mesma precisão, ao nível de significância de 0,05, servem para considerar que se caso todos estes requisitos ocorrem para os pontos monitorados, estes são considerados como possíveis deslocamentos, ao nível de significância de 5%.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste projeto teve como objetivo o monitoramento tridimensional do comportamento de pontos previamente selecionados na estrutura da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá, através do método de irradiação 3D. A primeira etapa executada para alcançar o que foi proposto, foi a implantação da rede geodésica de monitoramento no entorno da região da usina. Isto foi feito através da materialização dos pilares geodésicos dotados dos sistemas de centragem forçada, que permitem a reocupação dos mesmos pontos em diferentes épocas. Inicialmente, a estabilidade da rede geodésica seria efetuada por meio de observações GNSS ou topograficamente, através de medidas realizadas em campanhas distintas de levantamento, no entanto, não houve tempo hábil para o estudo do comportamento da rede. Contudo, foram realizadas algumas campanhas GNSS nos pilares de monitoramento, constatando-se que as coordenadas observadas nas diferentes épocas não sofrem variações significativas, além de que, os pilares geodésicos foram materializados seguindo normas construtivas que visam garantir a estabilidade e a rigidez dos mesmos. Visto tais características foram adotadas coordenadas topográficas iniciais fixas para cada um dos pilares, estabelecendo assim um sistema de referencia local.

A localização dos primas, modelos GPR112 e GPR111, foram definidos de forma que ficassem espaçados por todo o barramento a jusante e a montante, permitindo o monitoramento dos pontos distribuídos por toda a estrutura. Foram utilizados modelos distintos de prismas, pois os GPR112 são facilmente instalados no muro da barragem e possuem protetores contra variações climáticas, já que permaneceram fixos durante toda a execução do projeto. Já a montante foram empregados os GPR111, pois os pinos usados na instalação dos primas são utilizados em outras atividades na usina, porém são de fácil instalação e economicamente viáveis.

A elaboração do procedimento efetuado para determinar a altura da estação total e dos conjuntos de bases e prismas, através da metodologia apresentada, se mostrou eficiente. A necessidade de conhecer a altura destes equipamentos de

forma precisa garante parte da confiabilidade necessária para realizar a comparação das coordenadas tridimensionais dos pontos. Mas é claro que o método aplicado envolve outras grandezas que influenciam no resultado final dos pontos monitorados. O conhecimento destas alturas a priori elimina a necessidade de que sejam medidas em campo estas informações, evitando-se erros. A medida das alturas através da técnica de nivelamento de precisão foi mais onerosa do que quando utilizado o paquímetro, no entanto, como foram feitas diversas leituras foram obtidos valores mais precisos. A peça desenvolvida para travar um dos parafusos calantes das bases é uma saída econômica e segura para realizar o processo apresentado. Como visto, através da verificação realizada com o auxílio do colimador, a metodologia para manter a altura dos equipamentos ao longo de diversas calagens foi eficaz, comprovado pelo teste estatístico. Finalmente, como cuidados a serem enfatizados e que foram tomados durante os levantamentos de campo, deve-se levar em consideração o fato de sempre utilizar o mesmo conjunto de equipamentos nos mesmos sistemas de centragem forçada (previamente niveladas), por isso, as bases foram identificadas por meio de etiquetas.

No âmbito dos levantamentos geodésicos, a execução do método de irradiação tridimensional, por meio de uma estação total robotizada, tornou o monitoramento absoluto dos trinta e quatro alvos instalados a jusante e a montante da barragem, mais ágil e eficiente. O instrumental utilizado é de fácil operação e melhora o rendimento em campo, pois minimiza a influência do observador e acaba por melhorar a precisão das observações.

Para calcular as coordenadas dos pontos de monitoramento desenvolveu-se um aplicativo em ambiente *MatLab* que permitiu automatizar e efetuar todas as correções necessárias nos dados observados em campo. Este, agilizou todos os processos e análises antes da obtenção final das coordenadas, como por exemplo, verificação da precisão das observações, eliminação de dados, correções ambientais e finalmente o cálculo das coordenadas de cada um dos pontos situados a montante e a jusante. Optou-se pelo desenvolvimento desta rotina, pois tornou-se possível introduzir e compreender todos os passos aplicados para a obtenção das coordenadas tridimensionais, o que muitas vezes não é possível utilizando *softwares* comerciais.

Após o cálculo das diferenças das coordenadas dos pontos monitorados entre todas as épocas de levantamento, foi possível constatar que algumas variações chegam à ordem centimétrica, por isso decidiu-se realizar um teste estatístico para a comparação de duas variâncias. Este teste foi aplicado para todas as coordenadas calculadas a partir dos pilares PG01, PG02 e PG03. Por meio da análise dos resultados, foi possível constatar que não há como afirmar a partir de qual dos pilares geodésicos, PG01 ou PG02, se obtém valores para as observações que sejam mais precisos, pois estes variam aleatoriamente em uma mesma campanha. Do mesmo modo, não há como dizer qual delas é mais acurada, por isso, decidiu-se calcular a média das coordenadas obtidas por PG01 e PG02. Com relação aos dados obtidos por PG03, as coordenadas da época de referência, em sua grande maioria, foram determinadas com mesma precisão na comparação com as outras épocas, sendo que estas não apresentam variações acima do admissível.

Foi realizado também a aplicação do teste estatístico para a comparação de duas médias. Este, teve por finalidade verificar se existem diferenças significativas nas coordenadas determinadas. Como apresentado, o teste foi efetuado entre as coordenadas da primeira campanha de levantamento em relação as demais épocas, e serviu de base as tomadas de decisões.

Com relação as análises estatísticas aplicadas, determinou-se que seriam considerados pontos com possíveis deslocamentos aqueles cujas diferenças entre as coordenadas ultrapassaram os valores admissíveis adotados, bem como foram determinados com mesma precisão, indicado pelo teste de comparação de duas variâncias, ao nível de significância de 5%, e que possuem diferenças significativas entre suas coordenadas médias, ao nível de significância de 5%. Os pontos cujas variações foram aceitos como possíveis deslocamentos a partir dos pilares PG01, PG02 e média das coordenadas de PG01 e PG02 foram:

- PG01 - Campanha 1 e 3: MSU_08 (norte), MSU_10 (leste), MSU_11 (leste), MSU_12 (leste), MSU_14 (leste), MSU_15 (leste);
- PG01 - Campanha 1 e 6: MSU_08 (norte) e MSU_11 (leste);
- PG01 - Campanha 1 e 7: MSU_07 (norte), MSU_08 (norte e leste), MSU_10 (leste), MSU_11 (leste), MSU_12 (leste);
- PG02 - Campanha 1 e 5: MSU_01 (altitude), MSU_02 (leste) e MSU_04 (leste);

- PG02 - Campanha 1 e 7: MSU_02 (leste e norte), MSU_03 (leste), MSU_04 (leste), MSU_05 (leste), MSU_06 (leste), MSU_08 (leste), MSU_11 (leste) e MSU_13 (leste);
- PG01 e PG02 - Campanha 1 e 7: MSU_11 (leste) e MSU_12 (leste).

Analisando-se os resultados é possível verificar que nem todos os pontos que indicam deslocamentos por PG01 são os mesmos obtidos por PG02. Teoricamente se um ponto sofre deslocamento esta variação deve ser detectada pelas observações efetuadas tanto por PG01 como por PG02, e isto ocorre apenas nos pontos MSU_08 e MSU_11 na comparação entre as épocas 1 e 7. Nota-se que conforme os pontos se afastam dos pilares maior é a variação entre as suas coordenadas, sendo que os pontos mais distantes é que são indicados como possíveis deslocamentos, logo, os pontos apresentados podem não significar variações comportamentais. Lembra-se que a jusante nenhum ponto apresentou diferenças entre campanhas acima dos valores admissíveis adotados.

A execução do método de irradiação 3D nos pontos de monitoramento a montante, a partir dos pilares PG01 e PG02 deveriam fornecer coordenadas aproximadamente iguais. O fato de realizar observações nos mesmos pontos (MSU's) a partir de posições distintas, permite verificar a validade dos dados obtidos. Devido as diferenças comportamentais encontradas para as coordenadas de alguns pontos, como por exemplo, o aumento da diferença das coordenadas conforme o aumento da distância de onde é feita a observação, pode indicar possíveis dificuldades na aplicação do método. Um dos fatores que pode estar influenciando os resultados é a refração atmosférica, neste caso, devem ser efetuados estudos quanto ao tema.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Como recomendações, têm-se:

- a) Verificar o comportamento da rede geodésica em épocas distintas, utilizando posicionamento por satélites ou através de operações topográficas e geodésicas;
- b) Estudar maneiras de verificar se ocorrem amplificações nos alvos localizados na haste instalada a jusante da estrutura da barragem, levando em consideração o fator de dilatação e como os dados podem ser analisados;
- c) Elaborar uma rotina para converter os dados de saída da estação total para o formato de dados utilizado no aplicativo Coord_3D;
- d) Pesquisar outros testes estatísticos para serem aplicados nos resultados das coordenadas obtidas;
- e) Continuar o monitoramento da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá durante toda a sua fase de operação, efetuando-se campanhas de levantamentos noturnas para minimizar a influência do fenômeno de refração atmosférica;
- f) Efetuar estudos para determinar qual a influência da refração atmosférica nas medidas realizadas e como corrigi-las; e
- g) Verificar quais são os erros que se acumulam durante todo o processo de aplicação do método de irradiação tridimensional.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, W. P. – **Concretos - massa, estrutural, projetado e compactado com rolo – ensaios e propriedades**. Laboratório de Concreto, ed. Pini. São Paulo: 1997.

ANDRADE, W.; BITTENCOURT, R; BATISTA, E.; GRAÇA, N. *Brazilian experience of roller compacted concrete (RCC)*. In: **International symposium on roller compacted concrete dams**, 4., 2003, Madrid: 2003, p. 267-272.

ANDRIOLO, F.R. **Contribuições para o conhecimento e desenvolvimento do concreto rolado**, São Paulo: 1989.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Brasília: ANEEL, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: 22/09/2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=659&idPerfil=6> >. Acesso em: 17/04/2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de segurança e inspeção de barragens**. Brasília: MIN, 2002. Disponível em: < http://www.mi.gov.br/infraestrutura/hidrica/publicacoes/manual_barragens.asp >. Acesso em: 05/05/2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília: MME, 2007. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf >. Acesso em: 03/05/12.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Obtido em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 05/04/2012.

BATISTA, E. L., *et al.* **Estudos do concreto compactado com rolo para a face de barragens – ensaios executados in situ**. In: 44º Congresso Brasileiro Do Concreto, Belo Horizonte: 2002.

CASTRO A. T; HENRIQUES M. J. **Monitoring planimetric displacements in concrete dams**. 13º FIG - Simpósio sobre análises e medidas de deformação. 4º IAG - Simpósio sobre geodésia para engenharia geotécnica e estrutural. Lisboa: 2008. Disponível em: <http://www.fig.net/commission6/lisbon_2008/papers/pas05/pas05_02_tavaresdecastro_mc127.pdf>. Acesso em: 15/05/2012.

CHAVES, J. C. **Controle de deformações em barragens: métodos de monitoramento e viabilidade de utilização do GPS**. São Paulo: 1994. 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CHRZANOWSKI, A. *et al.* **Integration of geodetic and geotechnical deformation surveys in the geosciences**. Tectonophysics, 369-183. Elsevier Science Publishers B. V, Amsterdam, 1986. Obtido em: <<http://ccge.unb.ca/publications/downloads/CCGE%20-%201986%20%20Integration%20of%20geodetic%20and%20geotechnical%20deformation%20surveys%20in%20the%20geosciences.pdf>>. Acesso em: 14/05/2012.

CBDB. COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Auscultação e instrumentação de barragens no Brasil**. II Simpósio sobre instrumentação de barragens. Belo Horizonte: 1996, Volume I.

CBDB. COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Guia Básico de Segurança de Barragens**. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte: 1999. Obtido em: <<http://www.cbdb.org.br/simposio/Guia%20Seg.%20Barr%20-%20CBDB-SP.pdf>>. Acesso em: 22/07/12.

CONSÓRCIO ENERGÉTICO CRUZEIRO DO SUL. **Usina Hidrelétrica Mauá**. Disponível em: <<http://www.usinamaua.com.br/>>. Acesso em: 05/04/2012.

COPEL. COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Usina Hidrelétrica de Salto Caxias. **Instrumentos de auscultação das obras civis, valores de controle para leituras dos instrumentos**. Novembro de 1998.

CORDINI, J. **Verificação e Retificação do Teodolito**. Obtido em: < <http://www.topografia.ufsc.br/cap11-2.html>>. Acesso em: 16/05/12.

CRANENBROECK, J.V; BALAN, A; **State of the art in structural geodetic monitoring solutions for Hydro Power dams**. Modernos avanços na produção das Ciências Geodésicas, 2012. Obtido em: <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/sdgn/2012_1/36.pdf>. Acesso em: 10/10/2012.

CRUZ, P. T. **100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto**. 2ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

DALMOLIN, Q. **Ajustamento por mínimos quadrados**. 2ª. Ed. reimpressão. Curitiba, 2004.

DEPARTMENT OF ARMY – U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Manual 1110-1-1004. **Deformation monitoring and control surveying**. Washington, DC, 1994. Obtido em: <<http://gisceu.net/PDF/u44.pdf>>. Acesso em: 07/05/2012.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**. Rio de Janeiro: 2003. Obtido em: <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMISF99678B3PTBRIE.htm>>. Acesso em: 20/06/2012.

FILHO, J. M. **Maçãos experimentais de laboratório de concreto compactado com rolo aplicado às barragens**. 278 f. Tese (Doutorado em Construção Civi) – Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FILHO, G. L. T. *et al.* **Pequenos aproveitamentos hidroelétricos**. 1ª Edição. Brasília. Ministério de Minas e Energia, 2008. Obtido em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/LpT/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hidroeletrico.pdf>. Acesso em: 03/05/2012.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.

GRANEMANN, D.C. **Estabelecimento de uma rede geodésica para o Monitoramento de estruturas: Estudo de caso na Usina Hidrelétrica Salto Caxias**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

GHILANI, C. D.; WOLF P. R. **Elementary surveying: an introduction to geomatics**. - 13ª edição, Nova Jersey: 2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução - PR nº 22**, de 21 de julho de 1983. Dispõe sobre as Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_normas.shtm>. Acesso em: 10/04/2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS**. Abril, 2008. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf>. Acesso em: 10/04/2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)**. Obtido em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/default.shtm>> Acesso em: 04/02/2013.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Vocabulário internacional de metrologia – conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. 1ª Edição Brasileira. Rio de Janeiro, 2009. Obtido em: http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/VIM_2310.pdf. Acesso em: 16/05/2012.

International Energy Outlook. Disponível em: <[ftp://tonto.eia.doe.gov/forecasting/\(2007\).pdf](ftp://tonto.eia.doe.gov/forecasting/(2007).pdf)>. Acesso em: 17/10/12.

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

KRELLING, P. C. L. **Concepção de um inclinômetro foto-mecânico para controle geodésico de estruturas**. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

KUPERMAN, S.C. **Concreto massa convencional e compactado com rolo para barragens**. In: ISAIA, G.C. (editor). *Concreto – Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2005, v.2, cap.41, p.1260-1295.

LEICA GEOSYSTEMS® a. **Leica geosystems original Accessories**. Obtido em: <http://www.leicageosystems.nl/downloads123/zz/accessory/accessories/brochures/Leica%20Original%20Accessories%20BRO_en.pdf>. Acesso em 11/04/2012.

LEICA GEOSYSTEMS® b. **TPS1100 Professional series**. Manual de operação, versão 2.2, inglês. Disponível em: <[http://www.nsscana.com/Images/Downloadable%20Papers/User%20Manuals/TPS1100%20Manual%20Package%20\(User,%20RC,%20Field,%20App\).pdf](http://www.nsscana.com/Images/Downloadable%20Papers/User%20Manuals/TPS1100%20Manual%20Package%20(User,%20RC,%20Field,%20App).pdf)>. Acesso em: 04/10/12.

LEICA GEOSYSTEMS® c. **TPS1200. Manual de operação**, versão 1.0, Português.

LEICA GEOSYSTEMS® REFLECTORS. **Reflector types**. Obtido em: <http://www.fischinger-messen.de/Prism.PDF>. Acesso em: 11/04/2012.

MAURO, M.; CRANENBROECK, J.V. **Geodetic and Geotechnical Combined Monitoring Concept**. Semana do trabalho FIG 2012. Aprendendo a gerir o território, proteger o meio ambiente e avaliar o patrimônio cultural. FIG. Roma – Itália de 6 a 10 de Maio de 2012.

MASON, J. **Estruturas de aproveitamentos hidrelétricos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

MEHTA,K.; MONTEIRO,P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais** – Editora PINI, São Paulo, Brasil, 1994.

MENESCAL, R. de A. Comitê Brasileiro de Barragens. **23º Congresso Internacional de Grandes Barragens**. Brasília: 2009. Obtido em: <www.cbdb.org.br/documentos/news/entrevistamenescal.doc>. Acesso em: 09/04/2012.

MENESCAL, R. de A. Ministério da Integração Nacional. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: 2005. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/infrastrukturahidrica/publicacoes/seguranca.asp>>. Acesso em: 3/06/2012.

MILDEX. **Colimadores**. Obtido em: <http://www.mildex.com/testequip/optitest/description.html>. Acesso em: 28/09/12.

MIRANDA, F. A., FAGGION P. L., VEIGA, L. A. **Método para o monitoramento de pontos em áreas instáveis**. Boletim de Ciências Geodésicas, sec. Artigos, Curitiba, v. 15, nº 4, p.498-513, outubro a dezembro, 2009.

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

MOREIRA, A.P. **Métodos de cálculo de coordenadas tridimensionais para o controle de obras de engenharia**. 206 f. Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1998.

NADAL, C. A., VEIGA, L. A. K., FAGGION, P. L., FREITAS, S. R. C. DE, ZOCOLOTTI FILHO, C. A., GRANEMANN, D. C., LOPES, C. R., SANTOS, D. P. DOS. **Integração da Auscultação Geodésica com a Instrumentação de Controle e Segurança da Barragem de Salto Caxias**. Relatório Técnico, Universidade Federal do Paraná, 2004.

NEVES, R. V. **Processamento e análise de levantamentos geodésicos aplicado ao monitoramento de estruturas civis**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

RIBEIRO, F. C. D. *et al.* **Comparison between geodetic technology and plumb lines in monitoring of displacements on itaipu dam**. 13^o FIG - Simpósio sobre análises e medidas de deformação. 4^o IAG - Simpósio sobre geodésia para engenharia geotécnica e estrutural. LNEC, Lisboa 12 a 15 de maio, 2008. Disponível em: <http://www.fig.net/commission6/lisbon_2008/papers/pas05/pas05_03_diasribeiro_mc061.pdf>. Acesso em: 15/05/2012.

RÜEGGER, J. M. **Electronic Distance Measurement: an introduction**. Ed 3. Berlin: Springer Verlag, 1996.

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

SETAN H. *et al.* **Deformation detection of lightweight concrete block using geodetic and non-geodetic methods**. 11^o FIG - Simpósio sobre Monitoramento de Deformações, Santorini, Grécia, 2003.

SOARES, M. A. *et al.* Novas metodologias aplicadas ao monitoramento da barragem de Salto Caxias. **Espaço Energia**, Curitiba, ed. 01. Outubro de 2004.

VEIGA, L.A.K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L.; **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática. Curitiba, 2012.

WATANABE, P. S; BASTOS, P. S. S. **Concretos Especiais – Propriedades, Materiais e Aplicações**. Universidade Estadual Paulista. Departamento de Engenharia Civil. Relatório Final de Pesquisa. Bauru-SP. 2008.

WOLF, P. R.; GHILANI, C. D. **Adjustment Computations: statistics and least squares in surveying and GIS**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

APÊNDICE

APÊNDICE 01 – VARIAÇÃO DAS COORDENADAS DOS PONTOS A MONTANTE OBTIDAS A PARTIR DO PILAR PG01	117
APÊNDICE 02 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE OBTIDOS POR PG01	119
APÊNDICE 03 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS OBTIDAS A PARTIR DO PILAR PG02	125
APÊNDICE 04 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE OBTIDOS POR PG02	128
APÊNDICE 05 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS OBTIDAS A PARTIR DO PILAR PG03	135
APÊNDICE 06 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE OBTIDOS POR PG03	138
APÊNDICE 7 – TABELAS COM OS RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS OBTIDAS POR PG01, PG02, PG03 E PG01 COM PG02	145
APÊNDICE 8 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS OBTIDAS A PARTIR DA MÉDIA DOS PILARES PG01 E PG02	152
APÊNDICE 09 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE OBTIDOS PELA MÉDIA DE PG01 E PG02 ..	155
APÊNDICE 10 – TABELAS COM OS RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS OBTIDAS POR PG01, PG02, PG03 E MÉDIA DE PG01 COM PG02	160

APÊNDICE 01 – VARIAÇÃO DAS COORDENADAS DOS PONTOS A MONTANTE OBTIDAS A PARTIR DO PILAR PG01

As variações das coordenadas que ultrapassam os valores máximos de 15mm e 10mm para as direções horizontais e verticais respectivamente, encontram-se em negrito. Os espaços em branco nas tabelas indicam que não houveram observações em alguma das campanhas de levantamento. Estas observações valem para todas as tabelas dos Apêndices.

TABELA 34 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 3, 1 E 4 E 1 E 5 OBTIDOS POR PG01

PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 3			PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 4			PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 5		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MSU_01				MSU_01	-1,7	-0,2	0,9	MSU_01	-1,6	-0,9	2,4
MSU_02	2,1	7,0	0,7	MSU_02	1,2	-0,8	0,3	MSU_02	-1,3	-3,1	1,0
MSU_03	-1,3	0,5	1,0	MSU_03	-0,9	-0,7	0,6	MSU_03	-1,4	-3,0	1,0
MSU_04	0,2	-2,3	1,2	MSU_04	1,9	-5,7	-0,9	MSU_04	0,8	-3,9	-1,1
MSU_05	-1,8	4,0	1,5	MSU_05	3,3	-5,3	0,2	MSU_05	1,6	-4,1	0,4
MSU_06	-7,1	13,1	0,5	MSU_06	1,9	-1,3	-0,3	MSU_06	2,1	-2,3	-1,5
MSU_07	-9,3	14,3	1,6	MSU_07	2,7	-0,8	-1,1	MSU_07	2,4	-3,1	-0,3
MSU_08	-13,0	19,0	2,2	MSU_08	-0,8	1,9	1,2	MSU_08	-1,8	-0,2	1,3
MSU_09	-13,8	20,2	-0,4	MSU_09	-2,9	5,8	-2,5	MSU_09	-0,8	1,5	-2,6
MSU_10	-15,0	18,2	2,8	MSU_10	-5,0	4,9	-0,3	MSU_10	-2,1	0,6	-0,8
MSU_11	-18,8	20,6	0,9	MSU_11	-8,5	8,6	-0,2	MSU_11	-5,2	3,0	0,4
MSU_12	-15,4	18,2	3,4	MSU_12	-5,3	8,2	-0,1	MSU_12	-0,3	1,8	1,2
MSU_13	-14,4	16,6	0,0	MSU_13	-3,2	5,9	-1,6	MSU_13	3,4	-2,0	-2,9
MSU_14	-15,7	16,5	2,6	MSU_14	-4,0	6,7	0,1	MSU_14	4,8	-2,2	-1,0
MSU_15	-15,2	15,6	3,0	MSU_15	-7,9	9,1	2,0	MSU_15	3,3	-1,4	0,0
MSU_16	-15,4	17,8	3,8	MSU_16	-6,2	10,1	3,7	MSU_16	1,8	1,4	0,6
MSU_17	-11,0	14,5	8,3	MSU_17	-4,3	6,7	7,6	MSU_17	7,5	-2,1	5,4

FONTE: A autora (2012)

TABELA 35 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 6 E 1 E 7 OBTIDOS POR PG01

PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 6			PG01	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MSU_01	0,1	2,8	1,7	MSU_01	0,4	0,8	1,7
MSU_02	2,1	7,3	1,2	MSU_02	1,3	7,6	1,4
MSU_03	-0,9	0,2	1,0	MSU_03	-2,7	-0,5	1,6
MSU_04	-1,6	4,4	-0,1	MSU_04	-1,9	0,1	0,7
MSU_05	-4,6	11,5	-1,2	MSU_05	-4,4	6,4	1,1
MSU_06	-8,2	15,2	-1,5	MSU_06	-8,9	15,4	0,0
MSU_07	-8,5	14,1	-1,9	MSU_07	-13,8	19,1	0,3
MSU_08	-13,5	16,3	1,5	MSU_08	-20,4	21,3	2,4

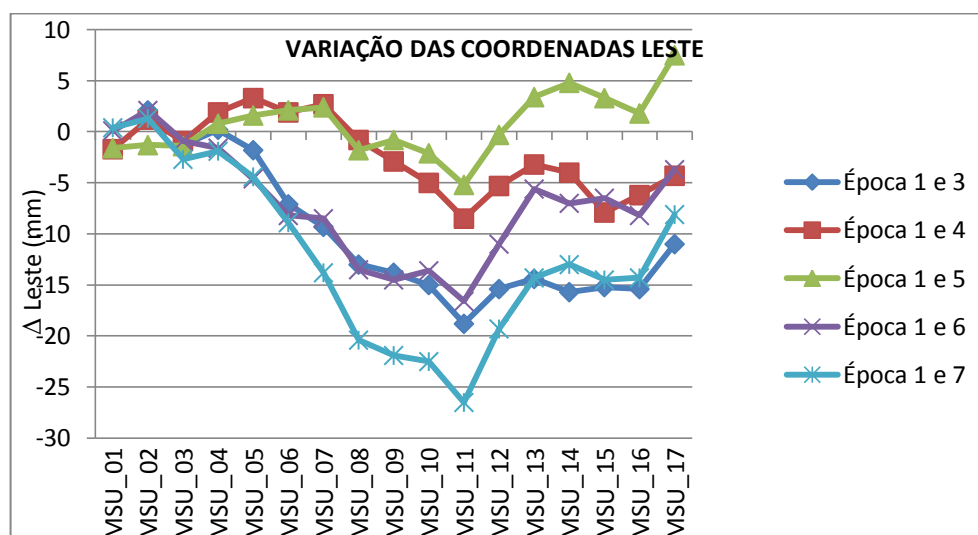
continua

MSU_09	-14,5	17,6	-1,1	MSU_09	-21,9	24,0	1,4
MSU_10	-13,6	14,0	-0,5	MSU_10	-22,5	24,2	2,1
MSU_11	-16,6	16,9	0,8	MSU_11	-26,5	27,0	3,0
MSU_12	-11,0	12,7	0,2	MSU_12	-19,3	21,5	2,3
MSU_13	-5,6	6,9	-3,4	MSU_13	-14,3	16,8	-1,3
MSU_14	-7,0	8,6	-0,7	MSU_14	-13,0	15,5	0,5
MSU_15	-6,5	7,2	-0,5	MSU_15	-14,5	15,7	3,1
MSU_16	-8,2	9,6	-0,7	MSU_16	-14,3	17,5	3,0
MSU_17	-3,7	5,2	7,1	MSU_17	-8,1	11,7	5,8

FONTE: A autora (2012)

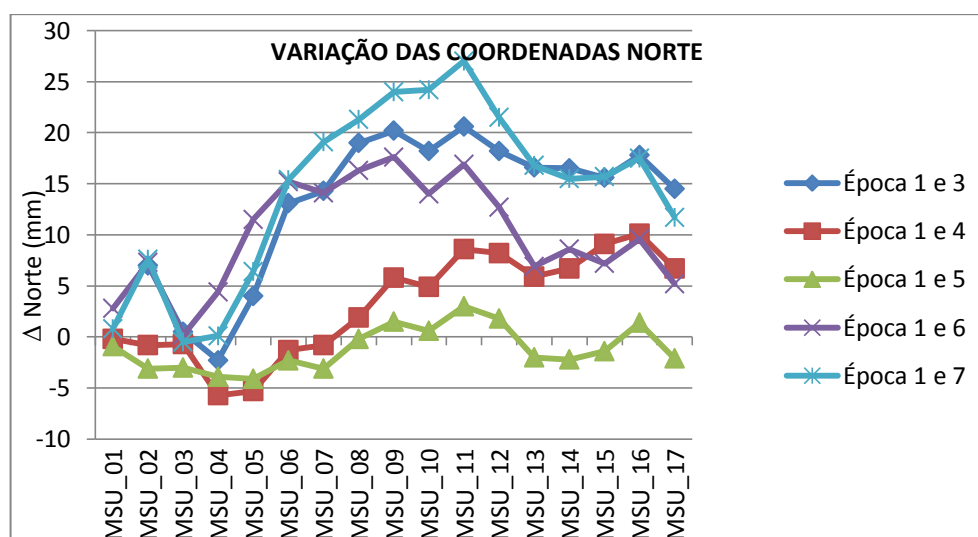
conclusão

GRÁFICO 1 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS LESTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG01



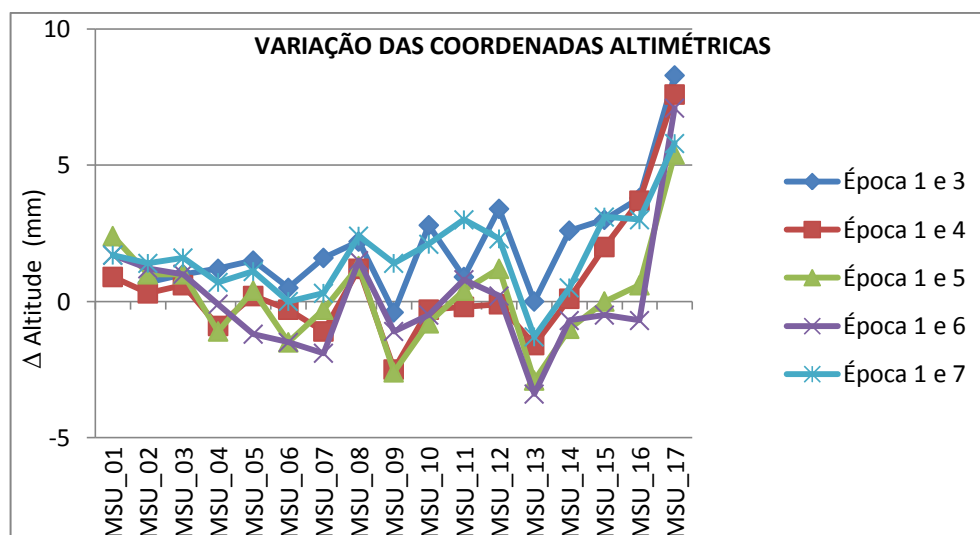
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 2 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS NORTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG01



FONTE: A autora (2012)

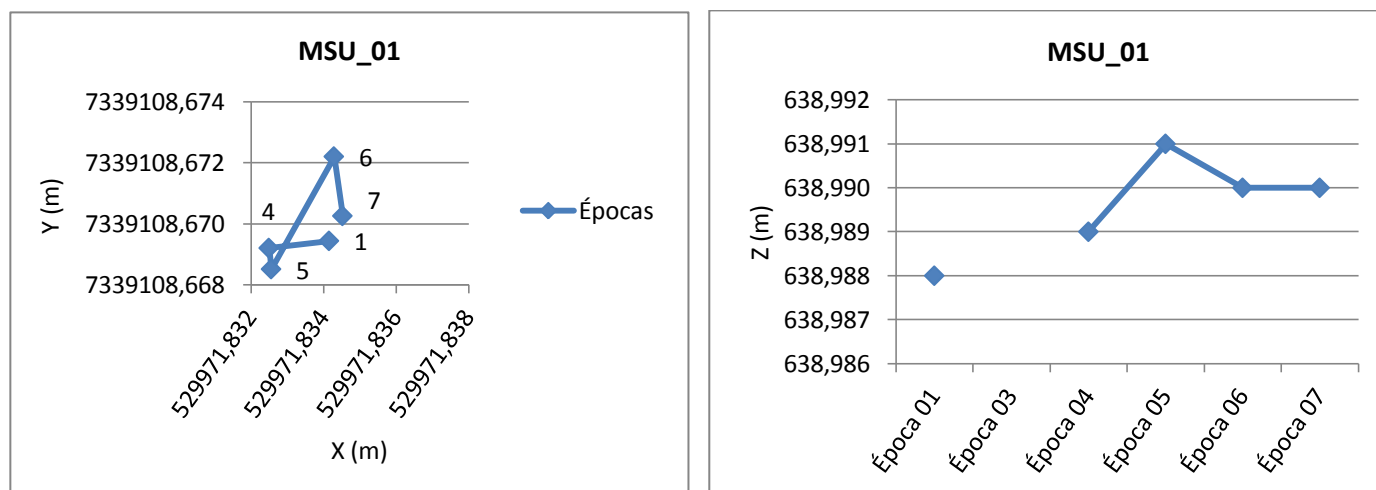
GRÁFICO 3 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ALTIMÉTRICAS DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG01



FONTE: A autora (2012)

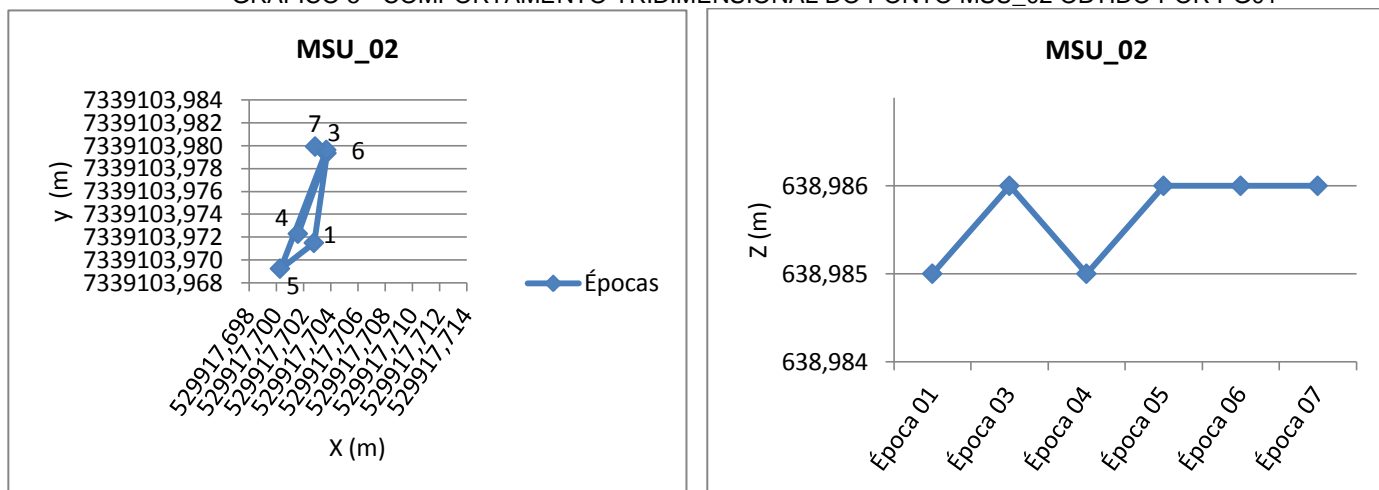
APÊNDICE 02 - GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE OBTIDOS POR PG01

GRÁFICO 4 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_01 OBTIDO POR PG01



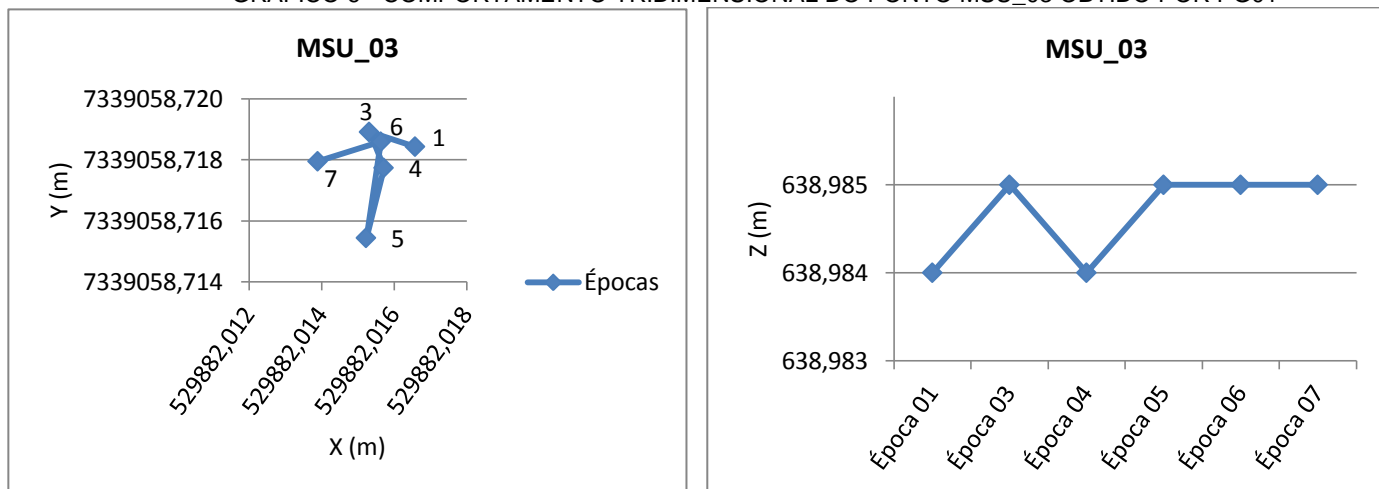
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 5 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_02 OBTIDO POR PG01



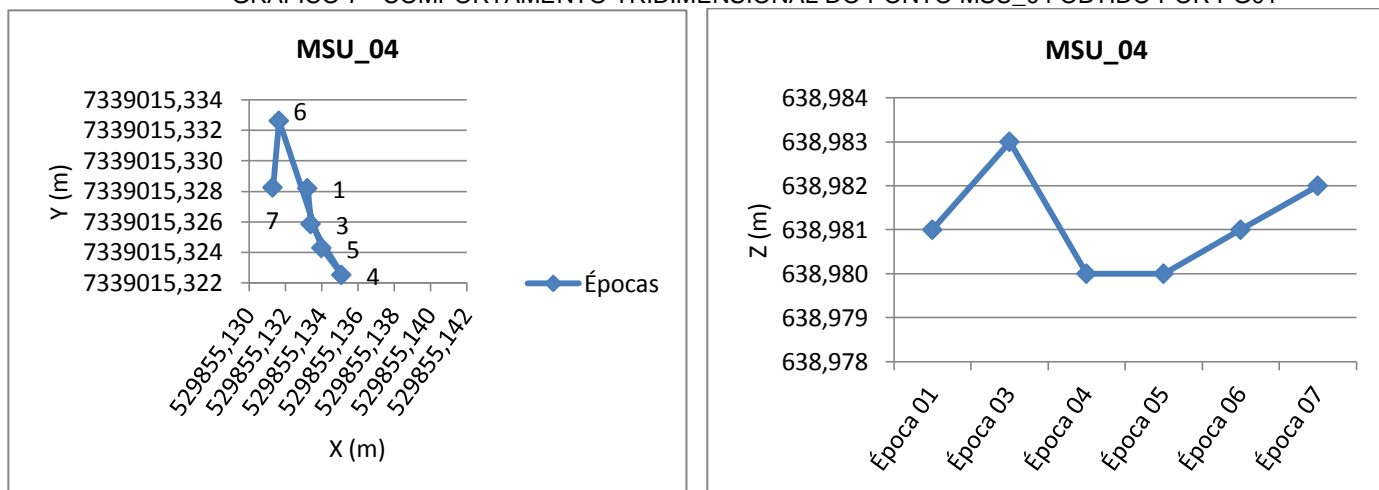
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 6 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_03 OBTIDO POR PG01



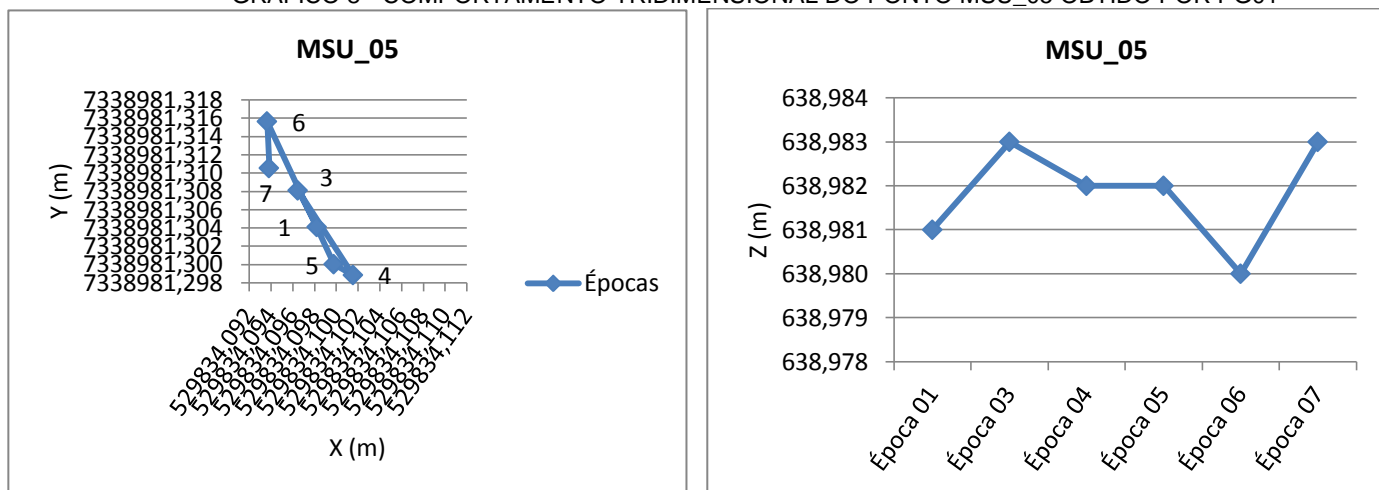
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 7 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_04 OBTIDO POR PG01



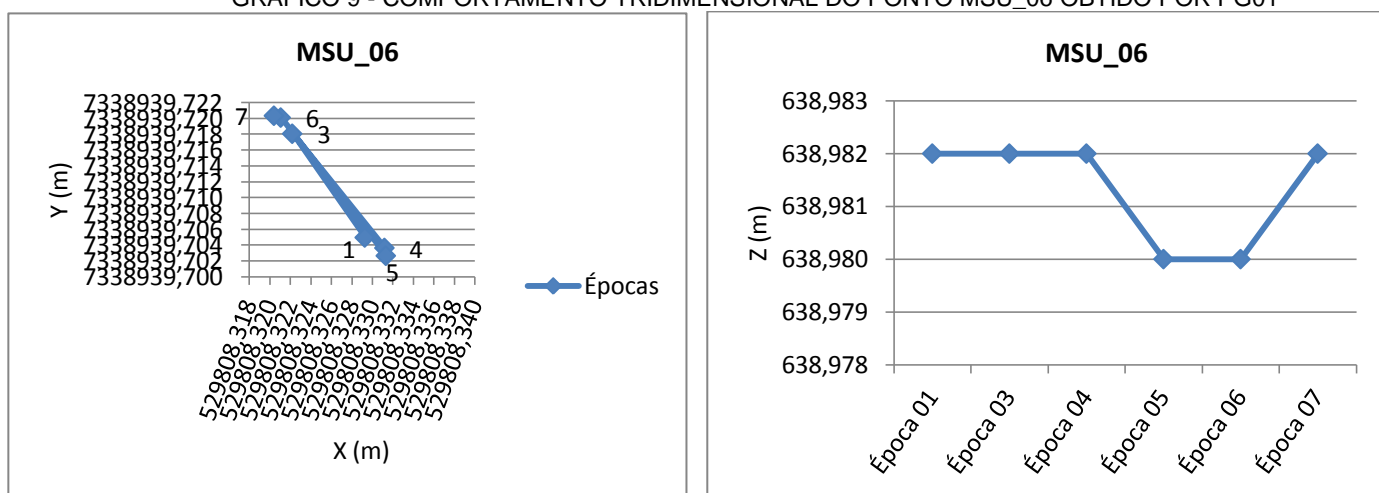
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 8 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_05 OBTIDO POR PG01



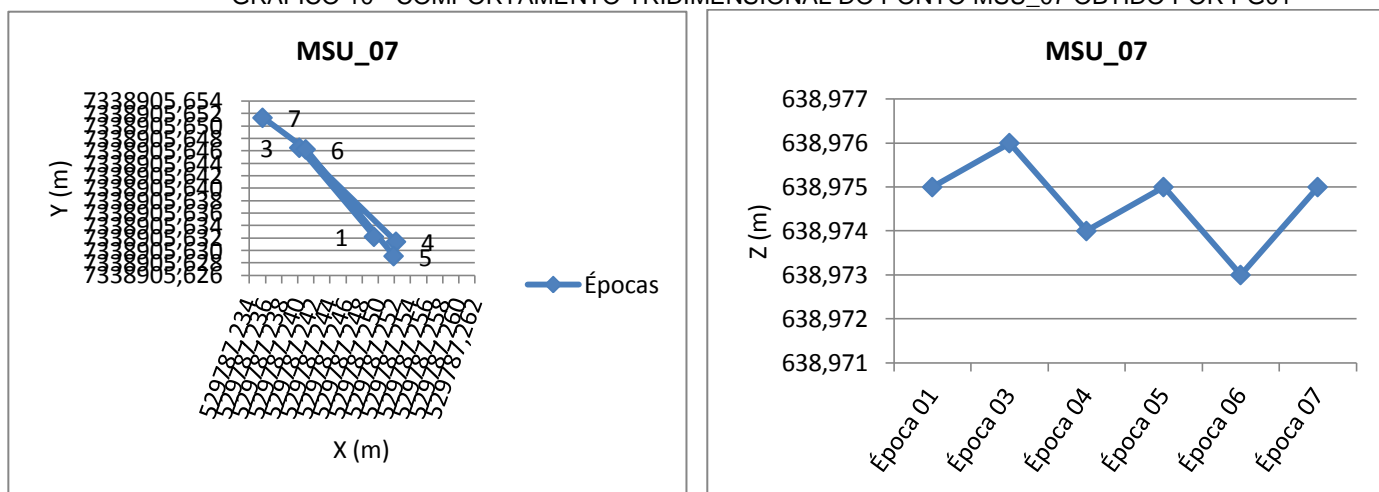
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 9 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_06 OBTIDO POR PG01



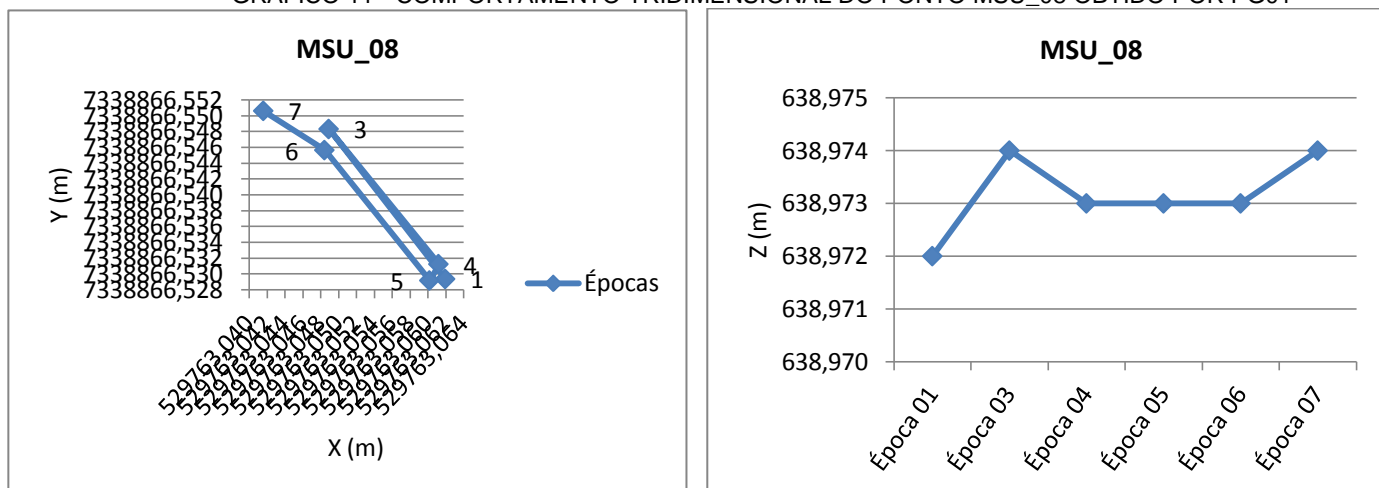
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 10 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_07 OBTIDO POR PG01



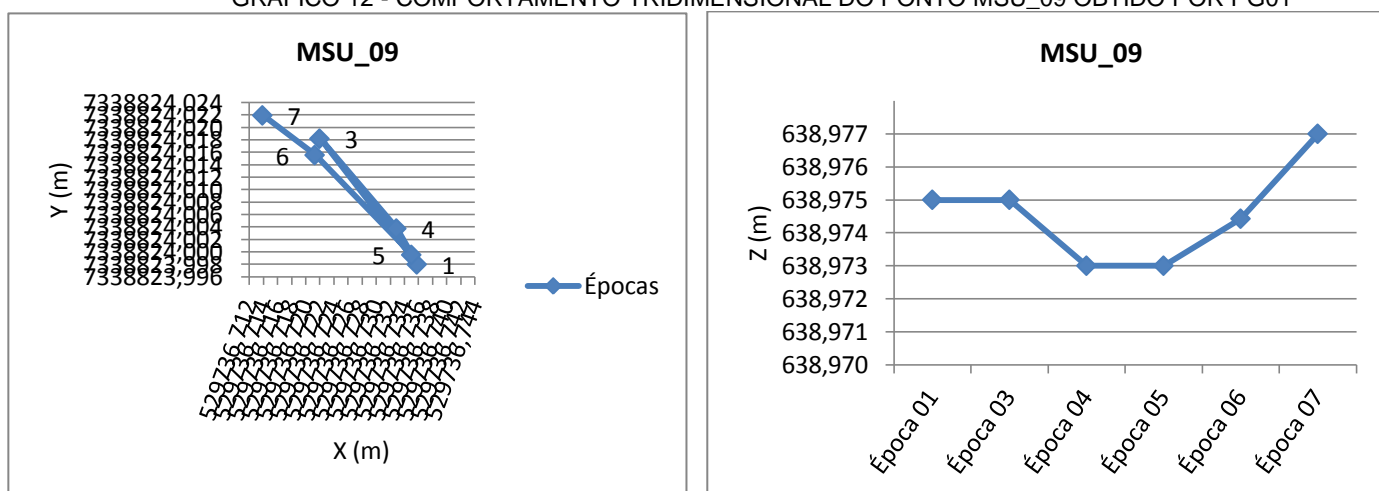
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 11 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_08 OBTIDO POR PG01



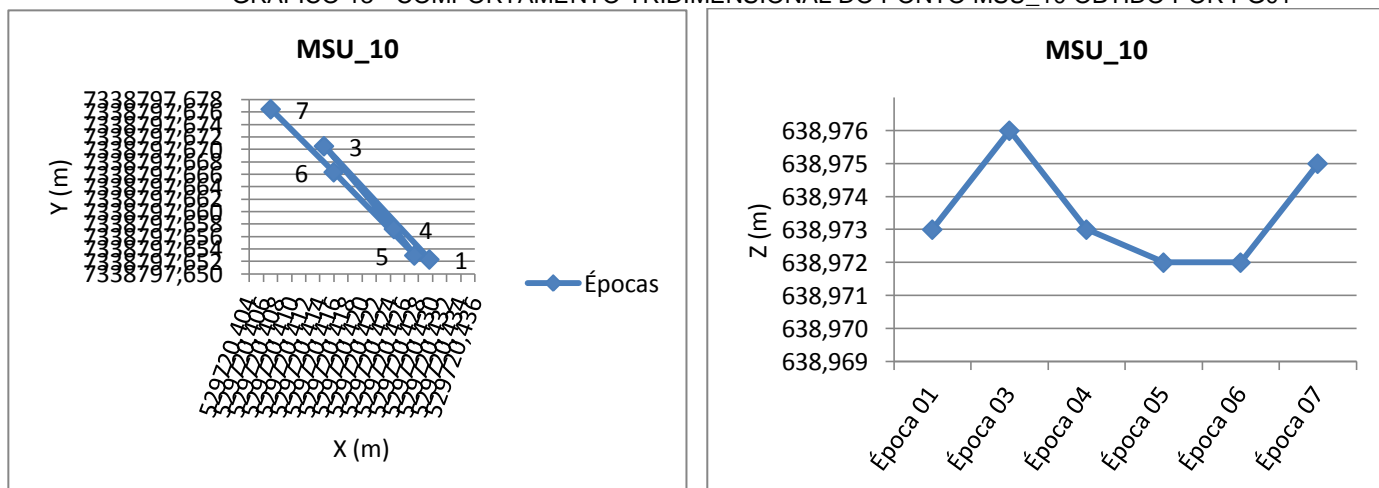
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 12 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_09 OBTIDO POR PG01



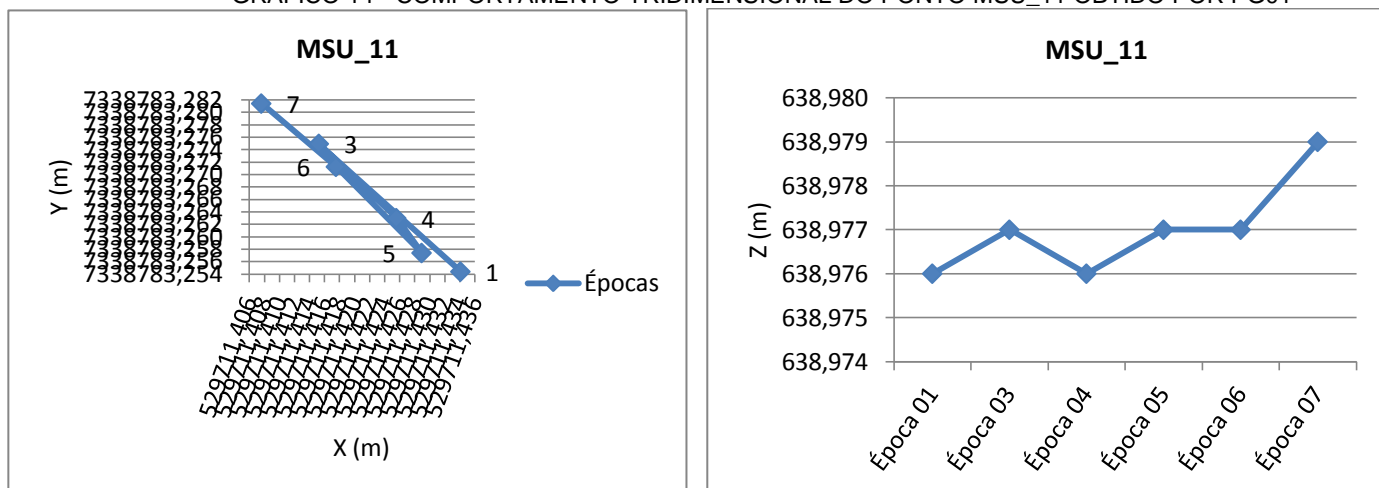
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 13 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_10 OBTIDO POR PG01



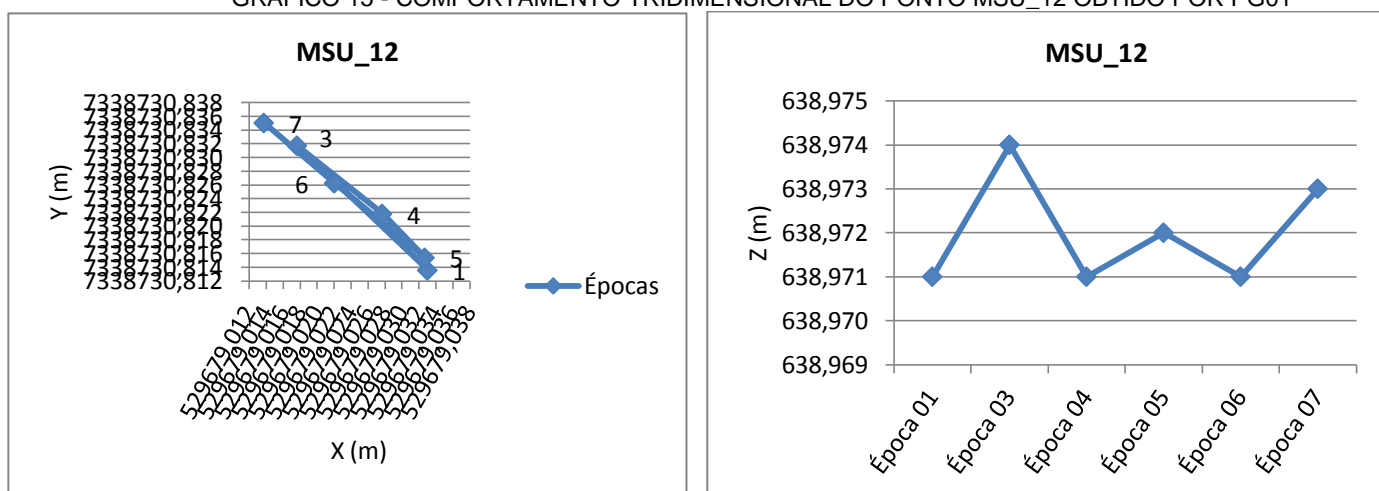
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 14 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_11 OBTIDO POR PG01



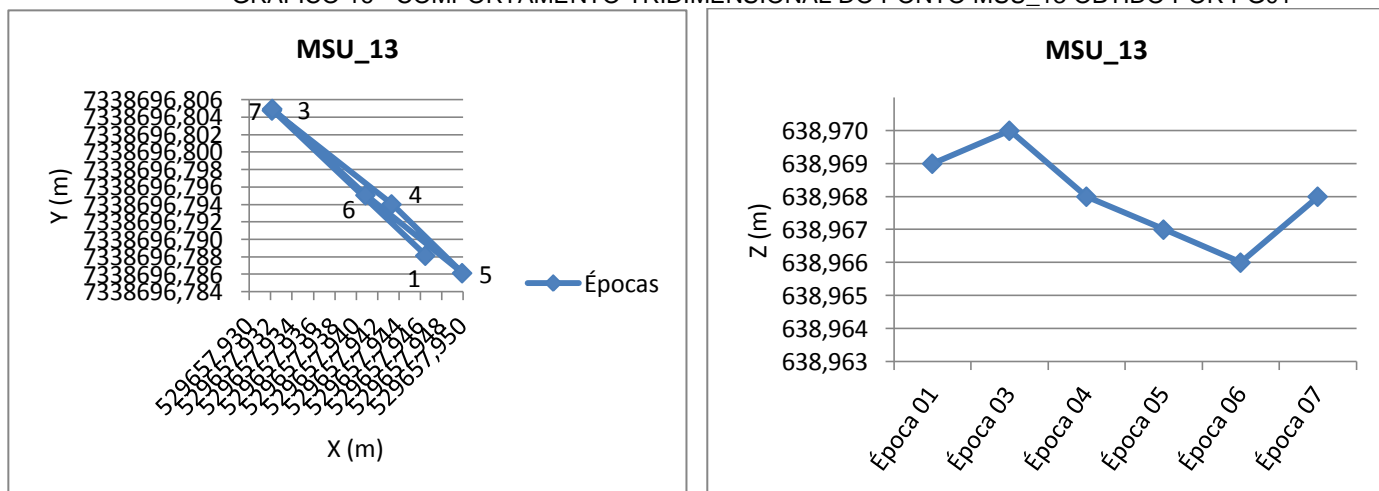
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 15 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_12 OBTIDO POR PG01



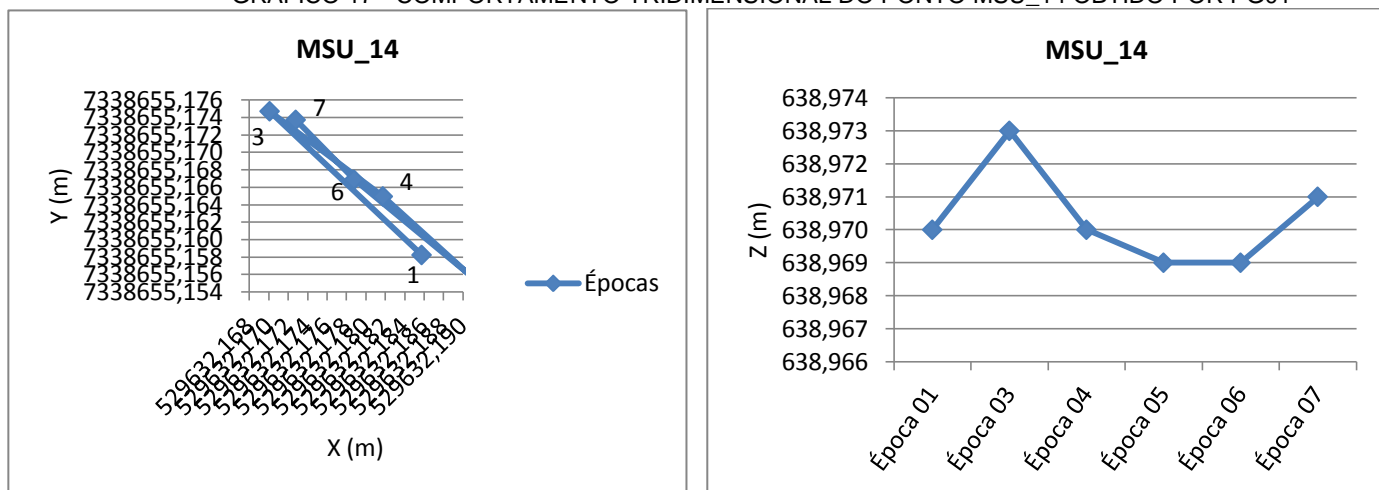
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 16 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_13 OBTIDO POR PG01



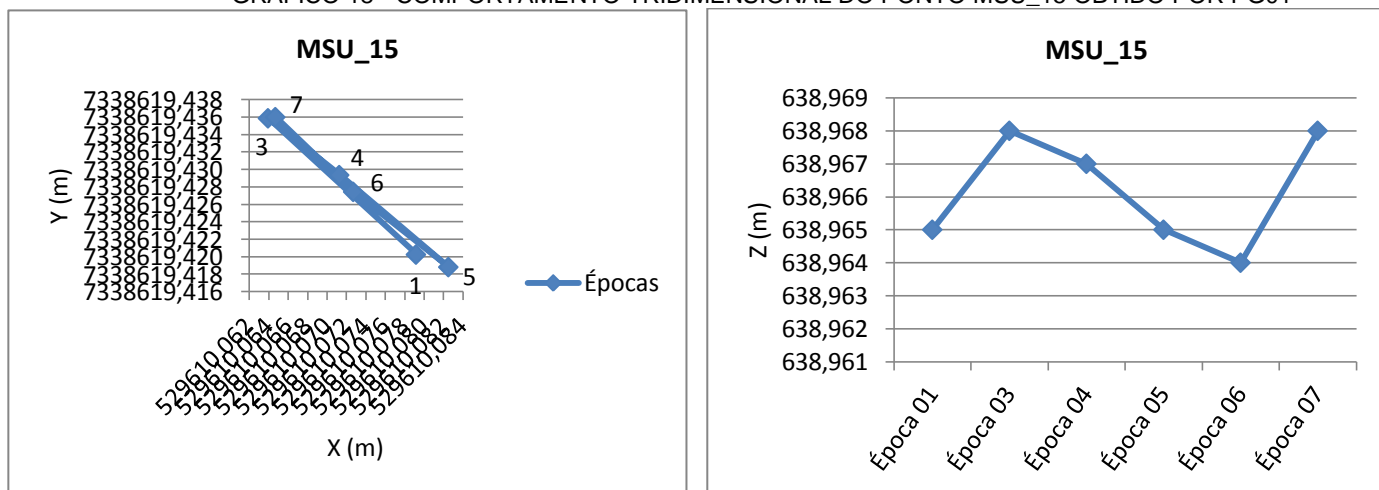
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 17 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_14 OBTIDO POR PG01



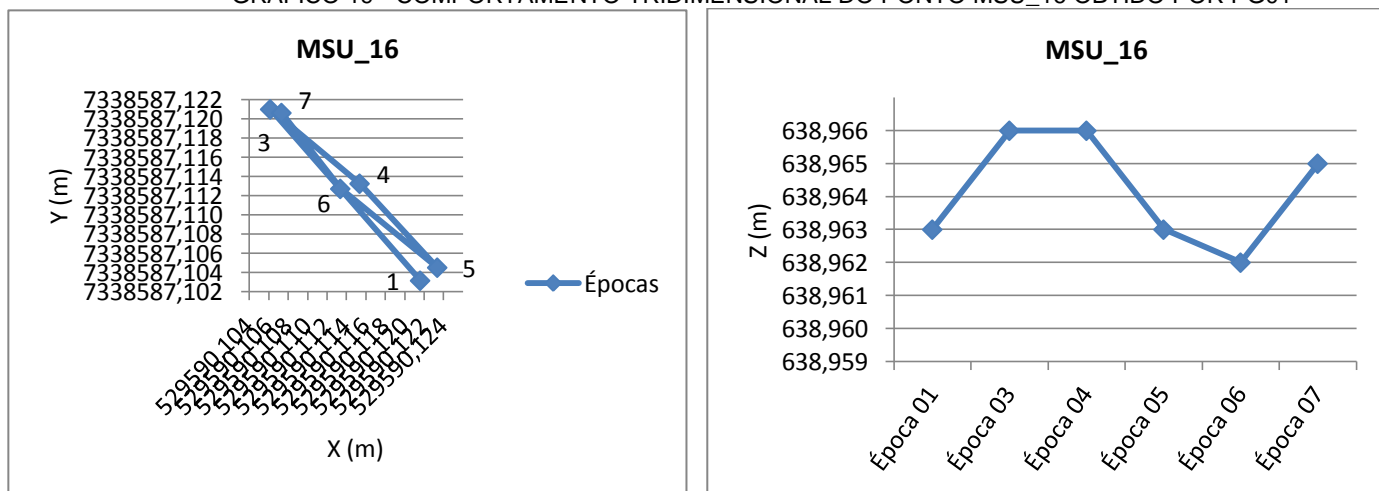
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 18 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_15 OBTIDO POR PG01



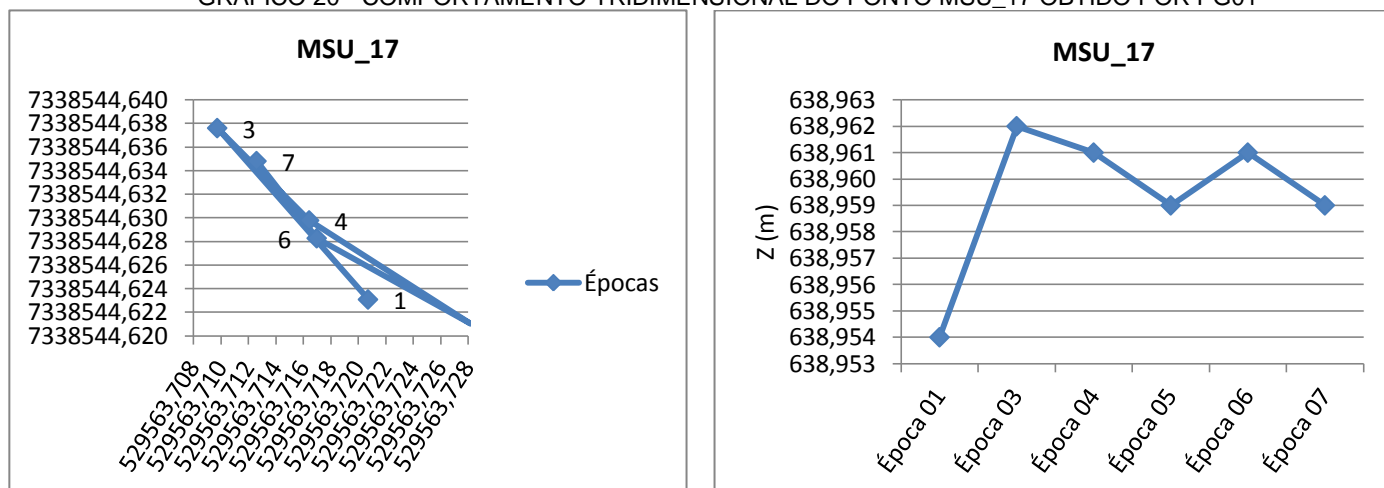
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 19 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_16 OBTIDO POR PG01



FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 20 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_17 OBTIDO POR PG01



FONTE: A autora (2012)

APÊNDICE 03 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS OBTIDAS A PARTIR DO PILAR PG02

TABELA 36 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 3, 1 E 4 E 1 E 5 OBTIDOS POR PG02

PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 3			PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 4			PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 5		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MSU_01	-3,0	-0,1	5,1	MSU_01	-2,6	-0,9	6,1	MSU_01	-18,7	7,7	11,8
MSU_02	-0,2	-1,6	2,3	MSU_02	2,6	-3,0	4,2	MSU_02	-23,2	10,3	13,9
MSU_03	0,5	-1,8	-0,2	MSU_03	1,4	-3,3	0,7	MSU_03			
MSU_04	3,8	-2,8	3,2	MSU_04	3,1	-3,7	3,2	MSU_04	-15,6	6,2	8,1
MSU_05	2,4	-2,6	1,4	MSU_05	3,8	-4,0	0,2	MSU_05	-13,9	4,7	6,6
MSU_06	3,4	-2,0	2,4	MSU_06	5,4	-3,0	0,4	MSU_06	-14,1	5,4	6,7
MSU_07				MSU_07				MSU_07			
MSU_08	4,5	-4,4	-0,5	MSU_08	5,9	-5,9	-0,1	MSU_08	-14,1	3,9	4,6
MSU_09	5,2	-1,9	0,2	MSU_09	4,4	-1,5	-1,6	MSU_09	-11,8	5,0	1,3
MSU_10	2,6	-1,9	2,2	MSU_10	1,2	-1,9	-0,5	MSU_10	-11,4	5,1	4,3
MSU_11	3,9	-2,8	1,0	MSU_11	2,0	-1,8	-2,1	MSU_11	-10,9	4,2	3,3
MSU_12	4,6	-2,2	2,7	MSU_12	5,0	-1,7	-0,7	MSU_12	-5,1	3,0	2,7
MSU_13	3,0	-2,0	1,6	MSU_13	3,5	-1,7	-0,6	MSU_13	-3,0	1,1	1,6
MSU_14	5,3	0,3	1,9	MSU_14	6,9	0,5	-0,1	MSU_14	4,0	0,1	1,7
MSU_15	3,5	-0,7	2,0	MSU_15	4,8	-1,0	0,7	MSU_15	5,2	0,1	2,4
MSU_16	0,4	1,4	1,9	MSU_16	0,7	2,0	2,4	MSU_16	3,7	0,9	2,3
MSU_17				MSU_17				MSU_17			

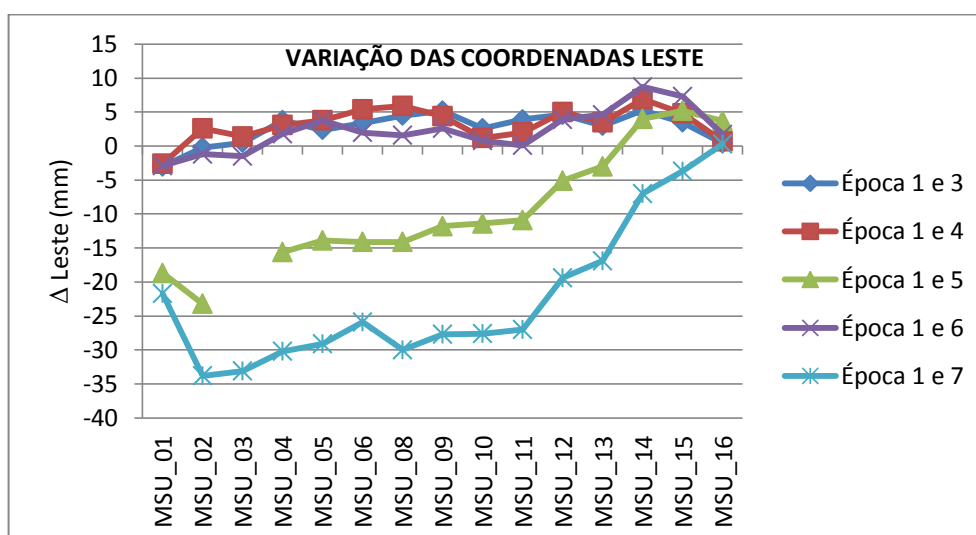
FONTE: A autora (2012)

TABELA 37 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 3 E 1 E 4 A PARTIR DE PG02

PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 6			PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MSU_01	-2,9	-1,1	5,5	MSU_01	-21,7	10,4	8,3
MSU_02	-1,2	-0,8	8,6	MSU_02	-33,8	16,1	7,1
MSU_03	-1,5	-1,9	2,3	MSU_03	-33,1	14,3	2,6
MSU_04	1,8	-2,4	5,8	MSU_04	-30,2	14,8	7,9
MSU_05	3,8	-3,3	4,4	MSU_05	-29,1	12,7	5,2
MSU_06	2,0	-1,8	2,7	MSU_06	-25,9	11,3	3,7
MSU_07				MSU_07			
MSU_08	1,6	-3,8	1,3	MSU_08	-30,0	10,3	3,9
MSU_09	2,6	-1,8	0,8	MSU_09	-27,7	11,6	2,4
MSU_10	0,8	-0,6	2,1	MSU_10	-27,6	12,5	3,9
MSU_11	0,1	0,7	1,4	MSU_11	-27,0	12,3	2,0
MSU_12	3,9	0,0	0,1	MSU_12	-19,4	9,7	2,9
MSU_13	4,6	-1,6	0,0	MSU_13	-16,9	6,1	2,4
MSU_14	8,7	-0,6	0,7	MSU_14	-7,0	3,9	2,5
MSU_15	7,3	-1,4	0,6	MSU_15	-3,7	0,7	2,1
MSU_16	1,7	0,7	1,7	MSU_16	0,3	1,3	2,4
MSU_17				MSU_17			

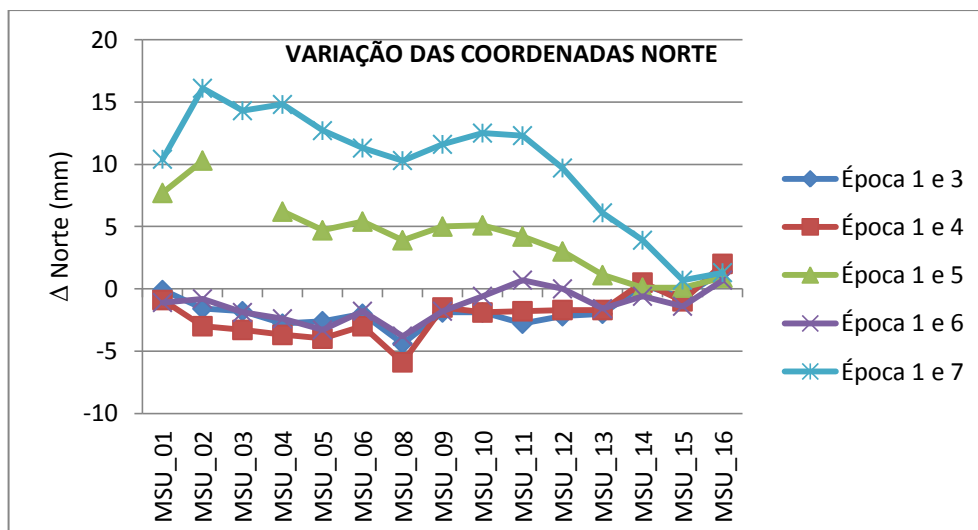
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 21 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS LESTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG02



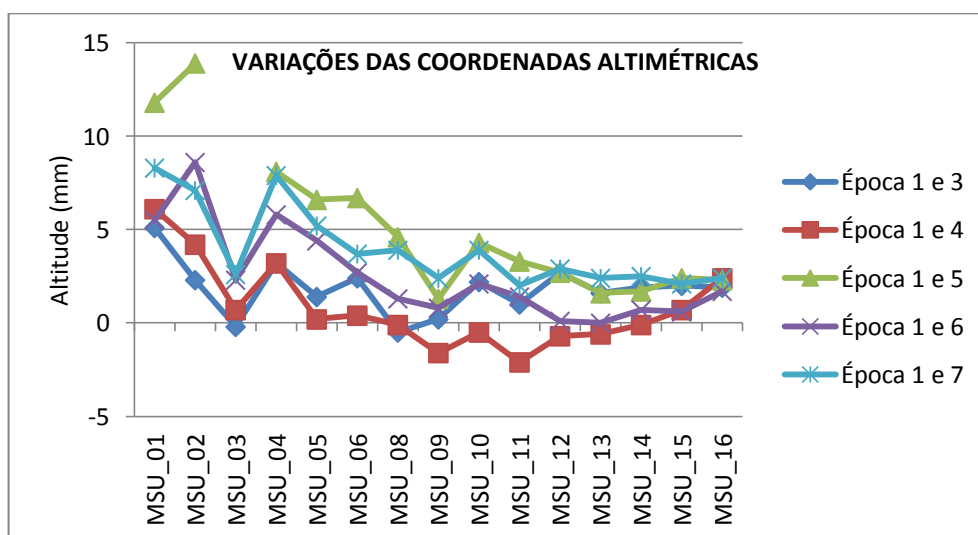
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 22 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS NORTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG02



FONTE: A autora (2012)

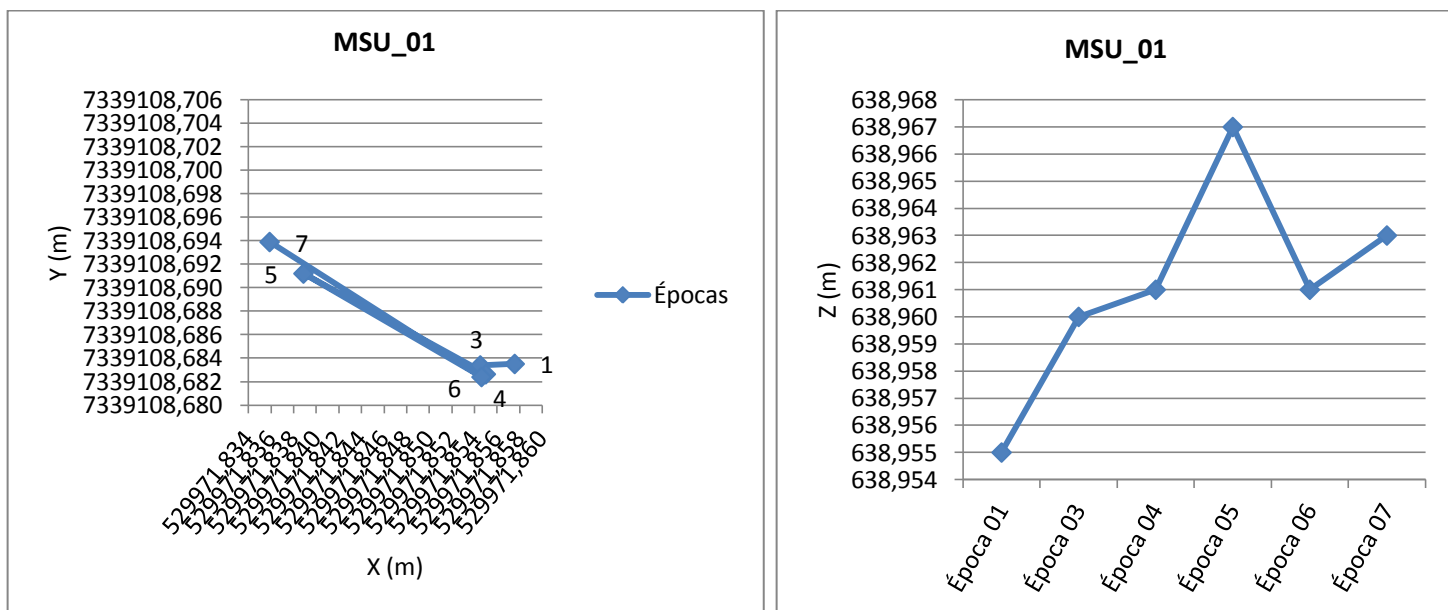
GRÁFICO 23 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ALTIMÉTRICAS DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG02



FONTE: A autora (2012)

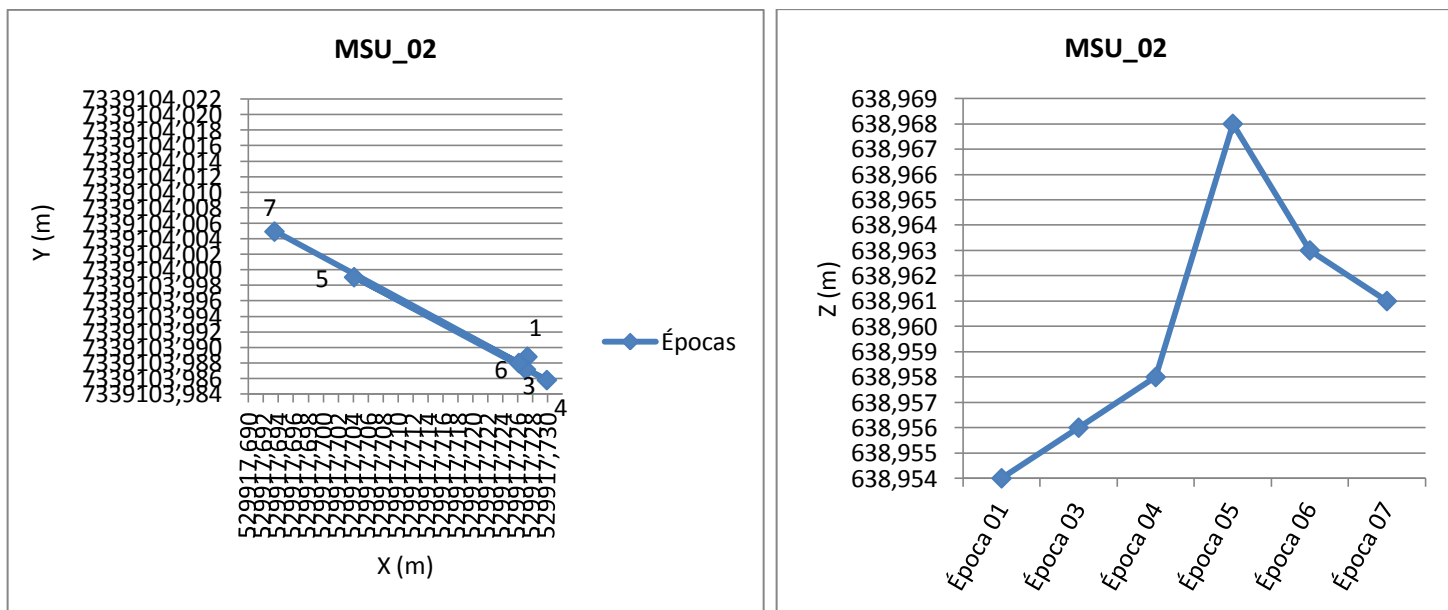
APÊNDICE 04 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE OBTIDOS POR PG02

GRÁFICO 24 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_01 OBTIDO POR PG02



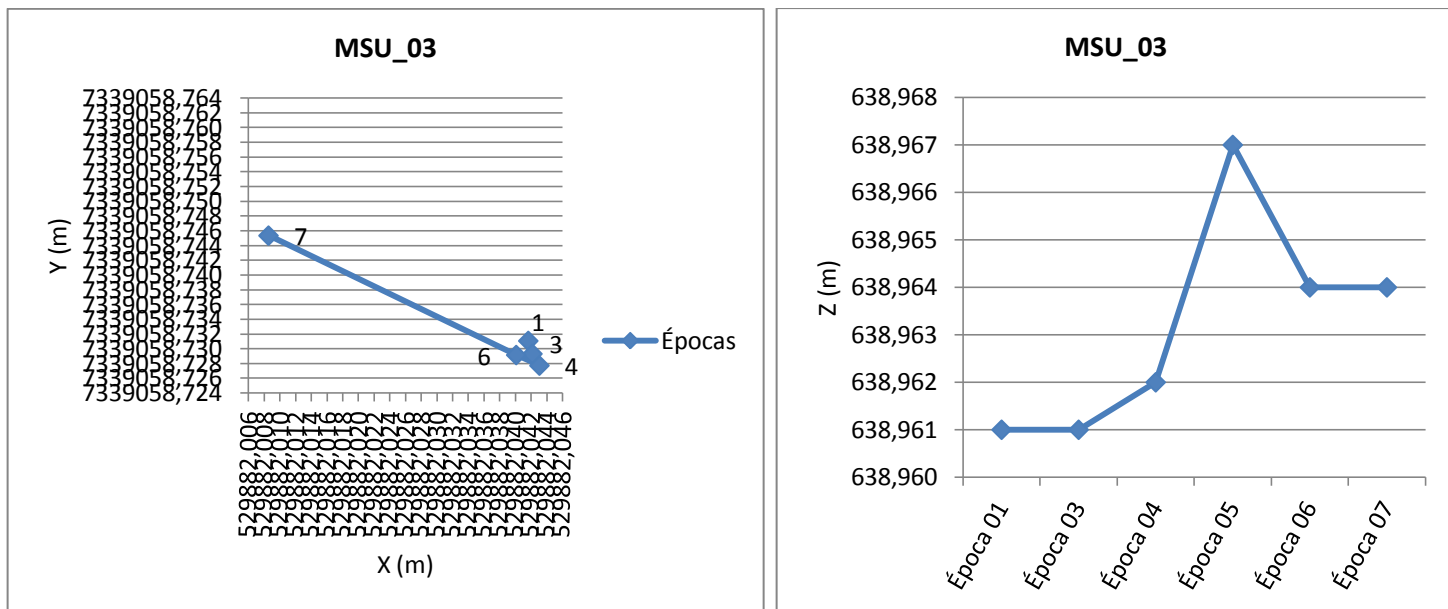
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 25 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_02 OBTIDO POR PG02



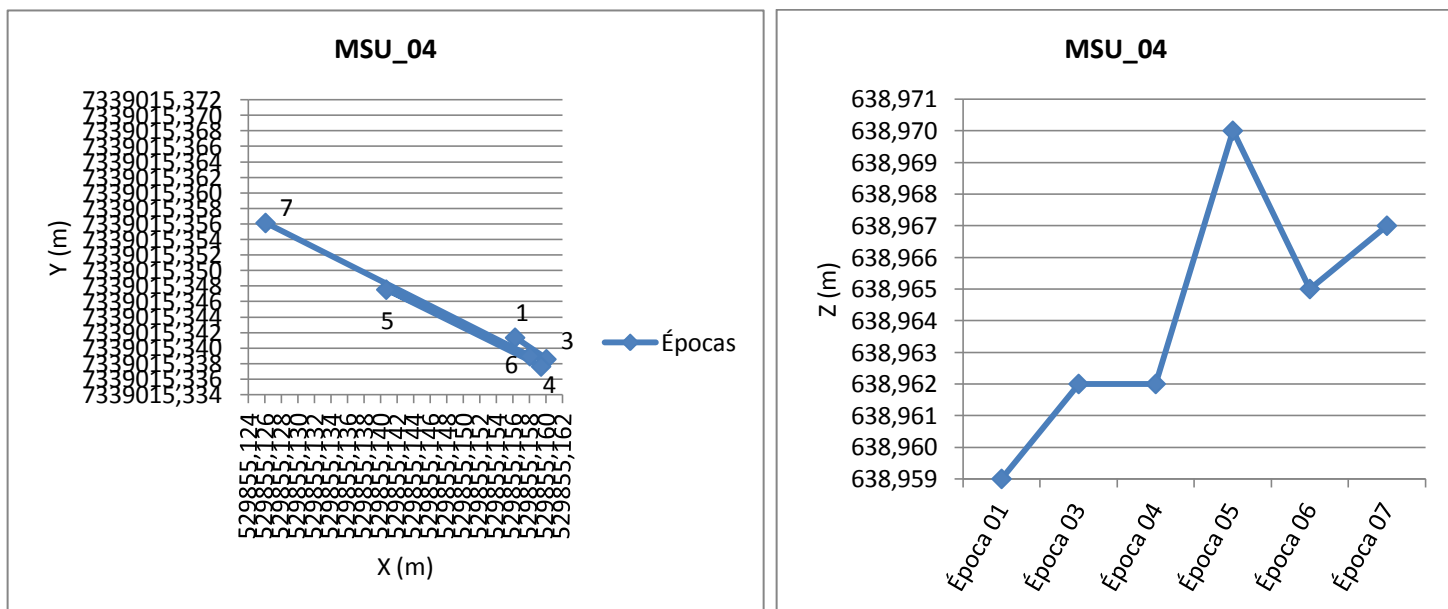
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 26 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_03 OBTIDO POR PG02



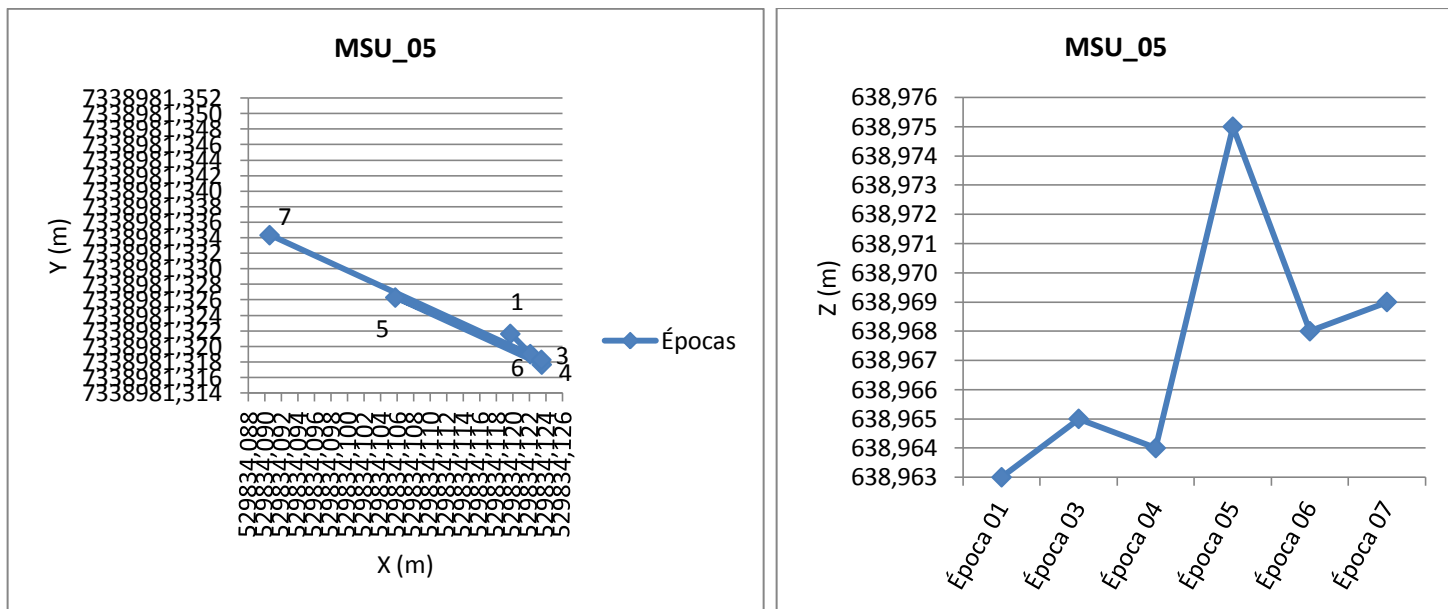
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 27 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_04 OBTIDO POR PG02



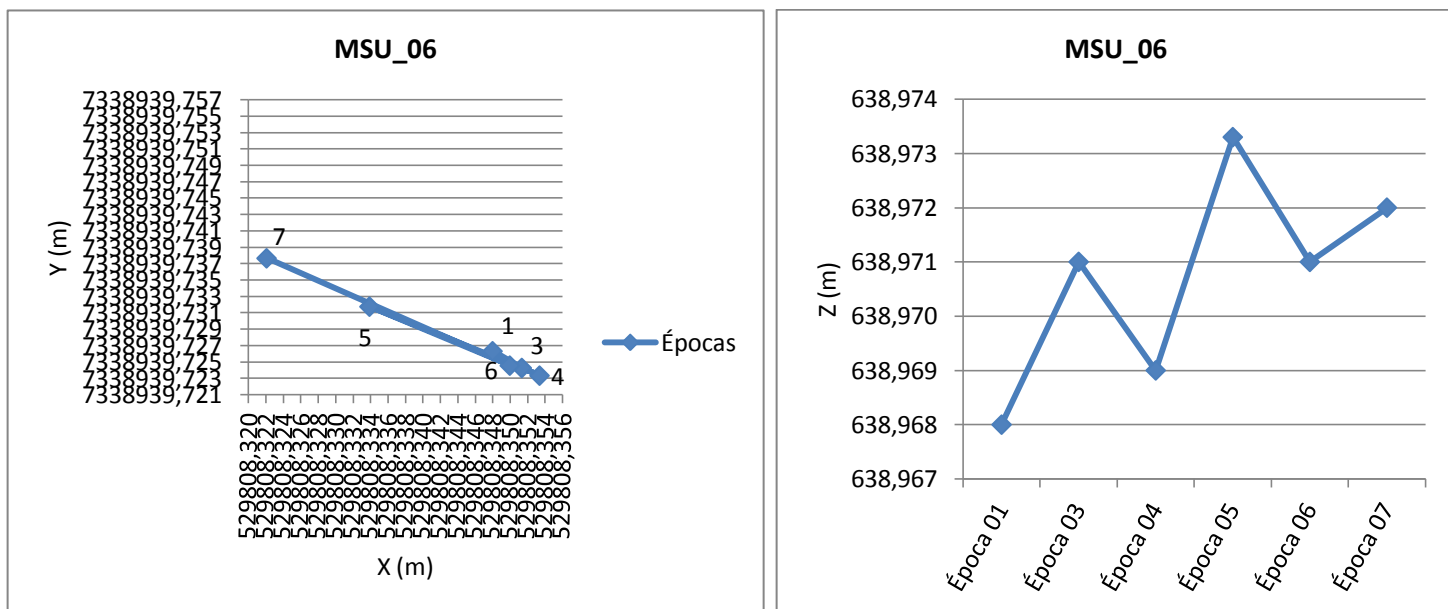
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 28 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_05 OBTIDO POR PG02



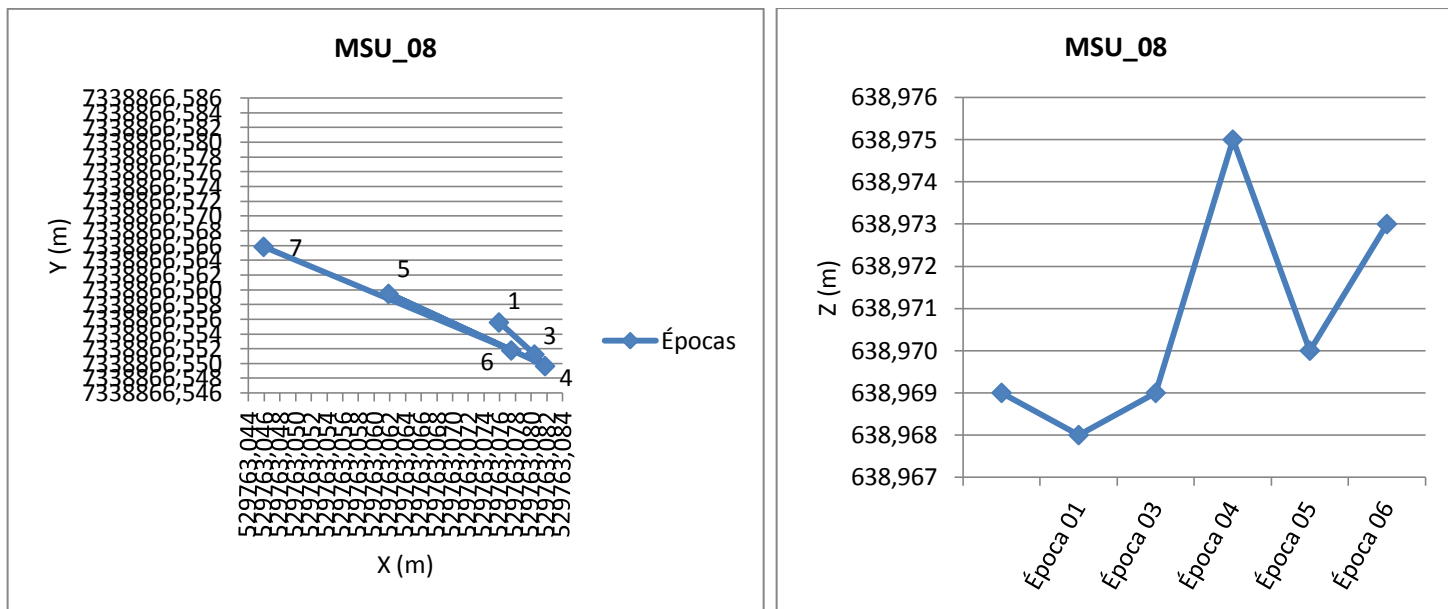
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 29 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_06 OBTIDO POR PG02



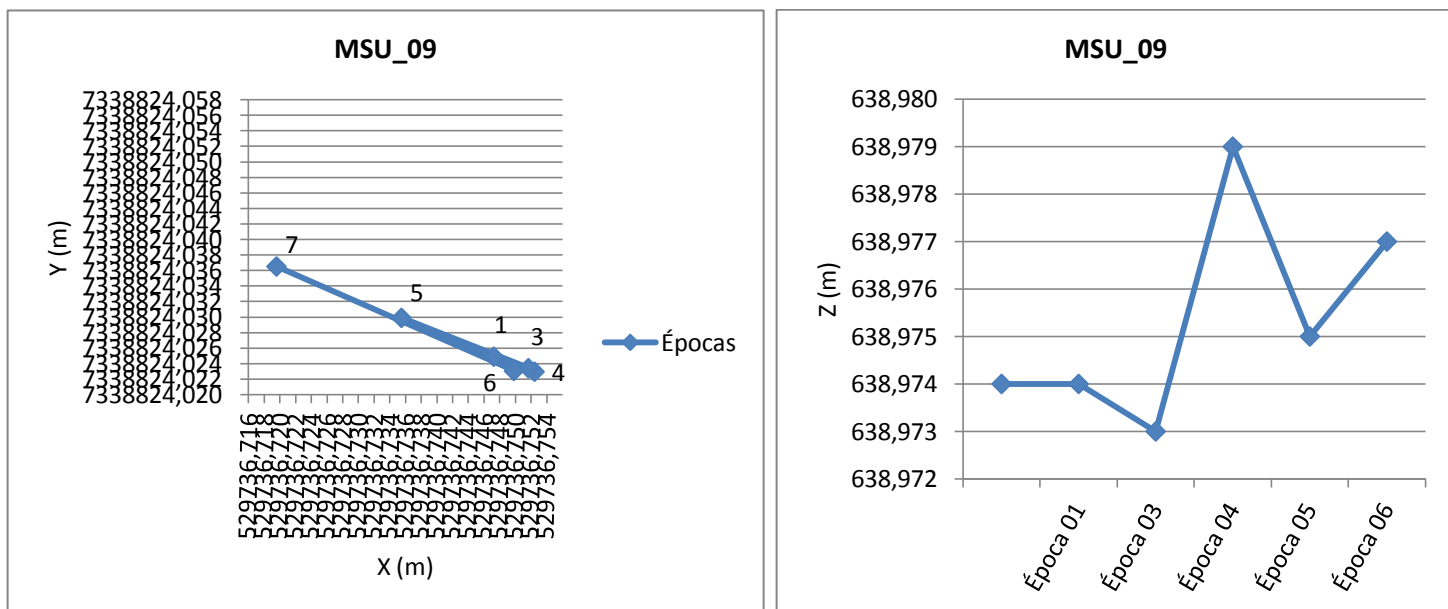
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 30 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_08 OBTIDO POR PG02



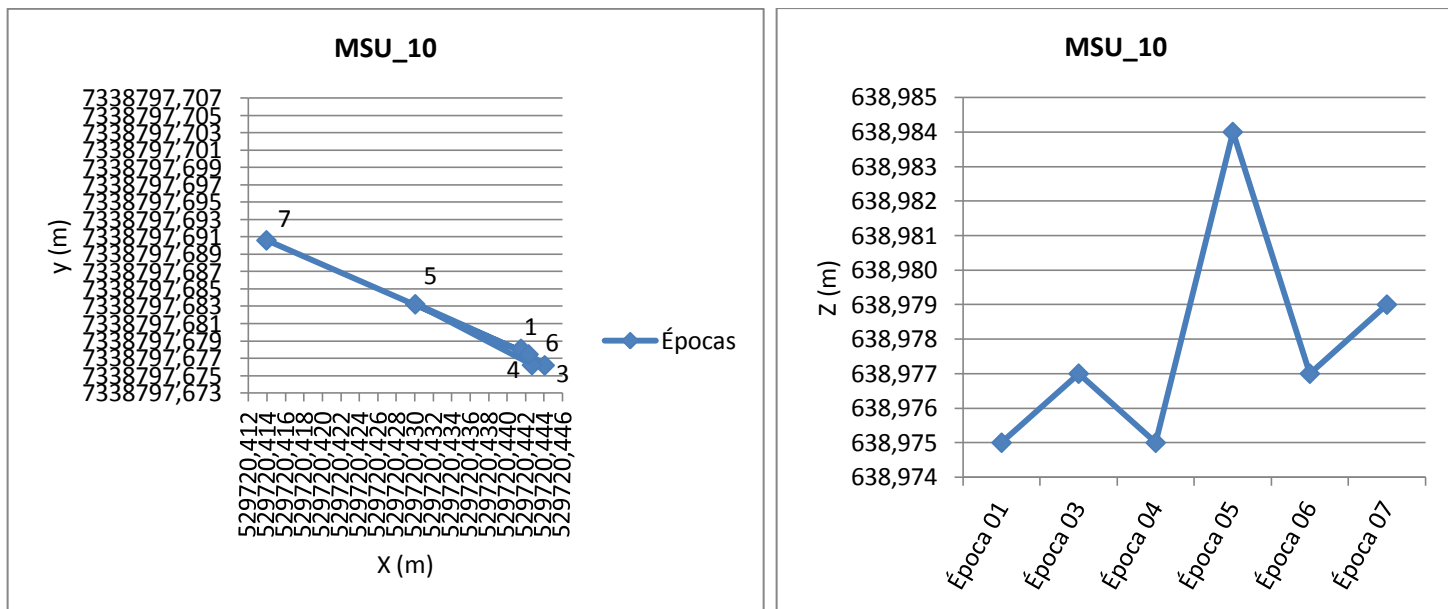
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 31 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_09 OBTIDO POR PG02



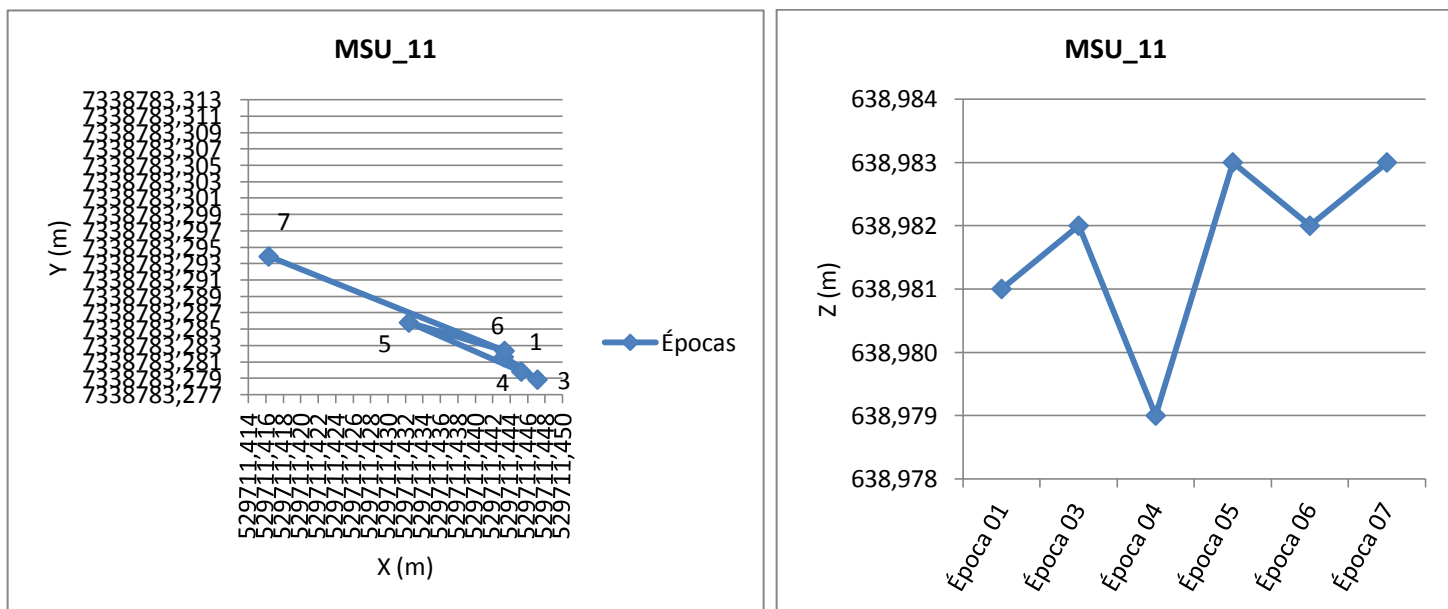
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 32 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_10 OBTIDO POR PG02



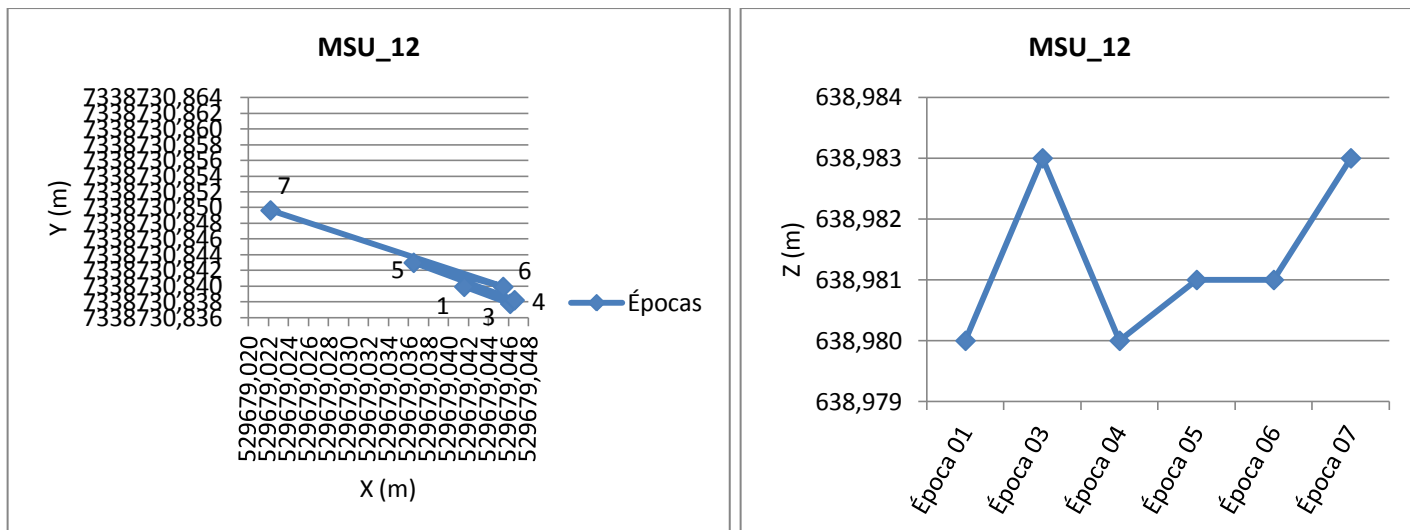
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 33 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_11 OBTIDO POR PG02



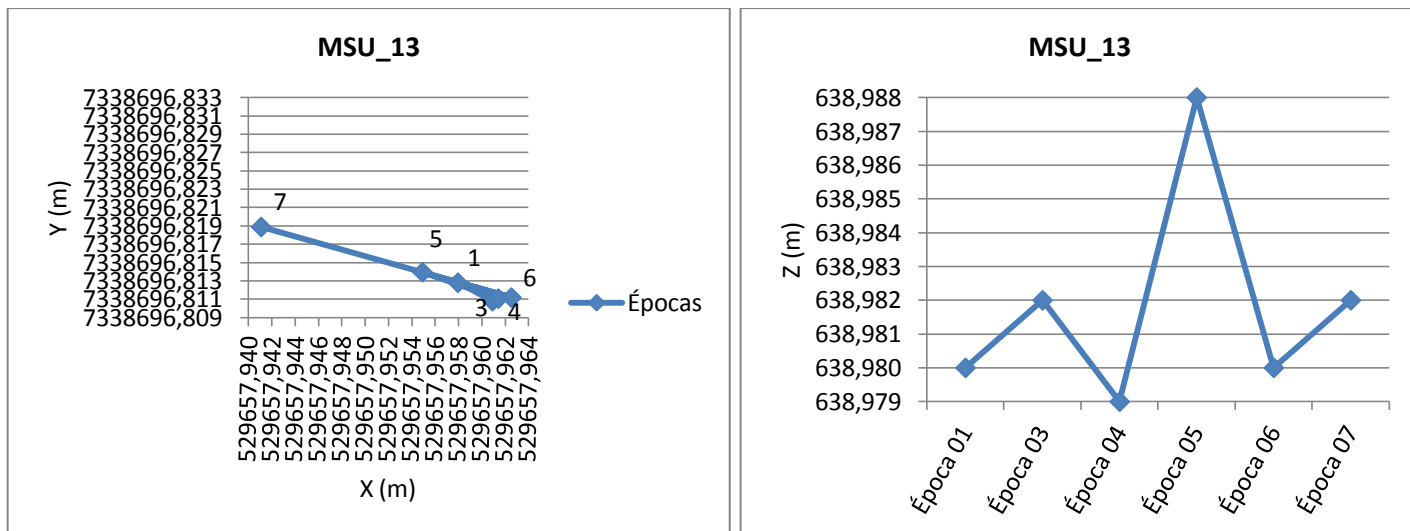
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 34 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_12 OBTIDO POR PG02



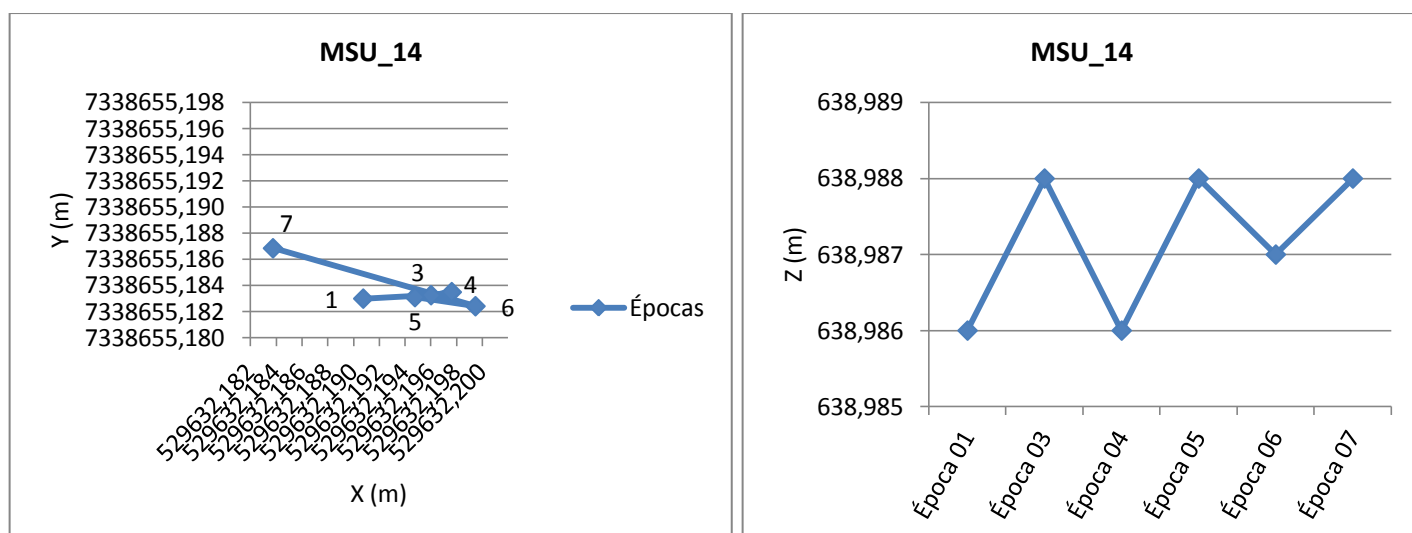
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 35 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_13 OBTIDO POR PG02



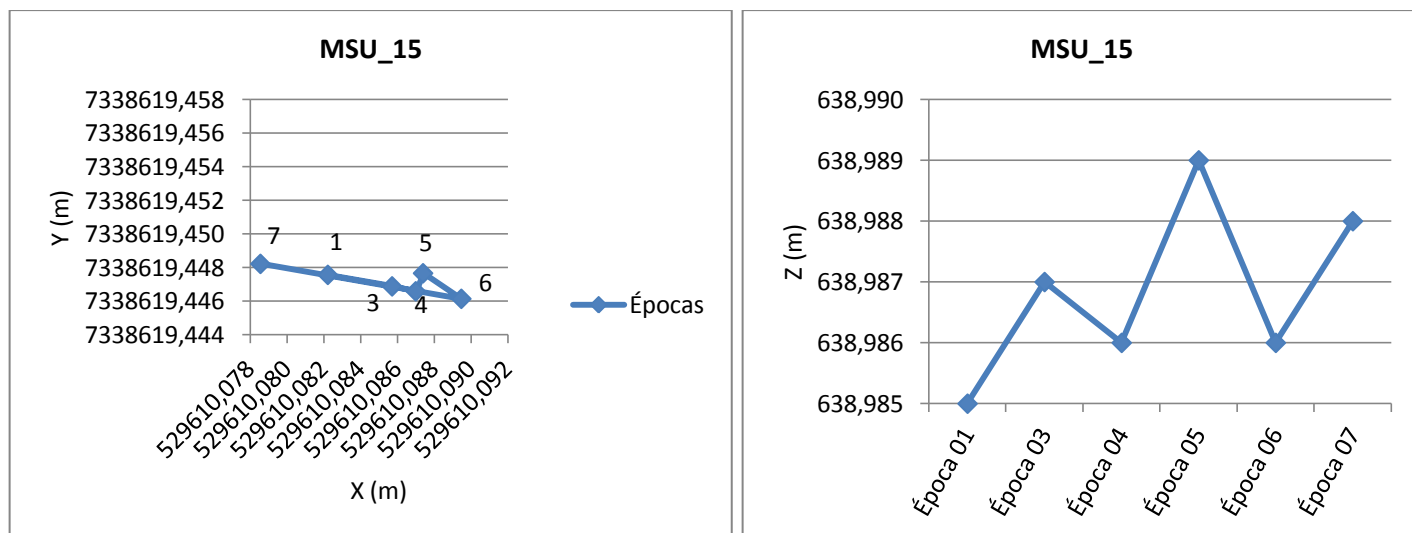
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 36 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_14 OBTIDO POR PG02



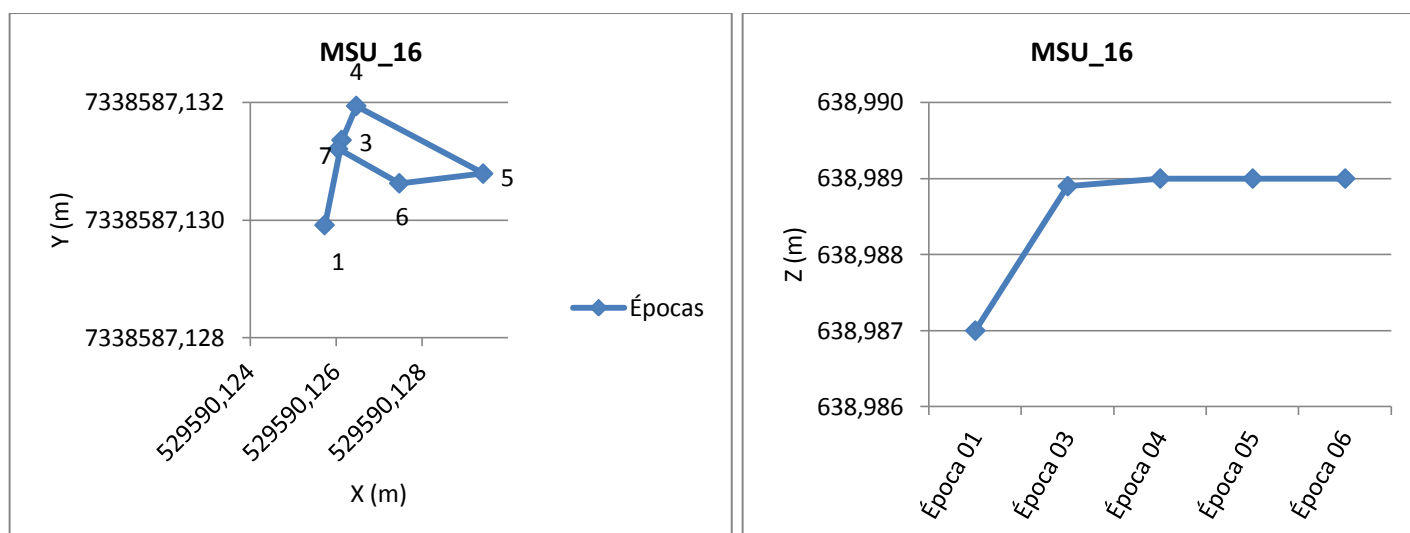
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 37 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_15 OBTIDO POR PG02



FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 38 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_16 OBTIDO POR PG02



FONTE: A autora (2012)

APÊNDICE 05 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS OBTIDAS A PARTIR DO PILAR PG03

TABELA 38 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 2, 1 E 3 E 1 E 4 A PARTIR DE PG03

PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 2			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 3			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 4		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MGE_01				MGE_01				MGE_01			
MGE_02				MGE_02				MGE_02			
MGE_03	3,1	-0,05	-0,7	MGE_03	-1,1	-0,5	-0,1	MGE_03	-5,5	-0,9	-1,4
MGE_04	11,5	0,77	-0,2	MGE_04	-1,6	0,0	0,6	MGE_04	-0,2	0,7	1,5
MGE_05	12,2	0,79	0,7	MGE_05	-1,1	0,3	1,0	MGE_05	-1,4	0,8	2,3
MGE_06	10,8	1,12	0,1	MGE_06	-3,2	-0,3	0,4	MGE_06	-2,1	0,1	1,3
MGE_07	8,8	1,02	0,9	MGE_07	-2,8	-0,9	-0,1	MGE_07	-4,1	-0,3	1,1
MGE_08	-9,2	-7,43	-0,5	MGE_08	-1,2	-0,9	-0,1	MGE_08	-3,2	-1,4	-1,1
MGE_09	-4,7	-4,77	-0,2	MGE_09	-0,5	-1,1	0,2	MGE_09	-1,3	-0,9	-0,6
MGE_10	0,8	-0,78	-0,7	MGE_10	0,0	-1,1	-0,2	MGE_10	-0,7	-0,8	-0,6
MGE_11	4,6	3,90	0,0	MGE_11	-0,6	-0,4	1,2	MGE_11	0,3	0,8	1,1
MGE_12	4,8	6,19	-0,1	MGE_12	-0,7	-1,9	0,4	MGE_12	-1,5	-2,9	0,0
MGE_13	-0,5	-3,15	-1,1	MGE_13	-1,2	-4,2	-0,3	MGE_13	-1,7	-5,0	0,3
MGE_14				MGE_14	-4,8	-7,1	1,1	MGE_14			
MGE_15	2,5	3,33	-0,5	MGE_15	-1,1	-2,2	1,3	MGE_15	-1,3	-3,0	0,8
MGE_16	4,6	5,54	0,5	MGE_16	-0,4	-1,5	1,3	MGE_16	0,1	-0,6	0,1
MGE_17	1,9	1,09	-0,6	MGE_17	-0,9	-2,0	0,5	MGE_17	0,2	0,0	-1,2
PGG01	1,6	0,20	-0,8	PGG01				PGG01	-0,7	-3,6	-0,9

FONTE: A autora (2012)

TABELA 39 - VARIACOES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 5, 1 E 6 E 1 E 7 A PARTIR DE PG03

PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 5			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 6			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MGE_01				MGE_01				MGE_01			
MGE_02				MGE_02				MGE_02			
MGE_03	0,4	1,8	-4,7	MGE_03	6,2	5,3	-4,0	MGE_03	3,2	7,9	-4,4
MGE_04	9,7	1,3	-2,7	MGE_04	13,1	2,4	-1,5	MGE_04	3,8	1,5	-3,6
MGE_05	11,4	1,7	-2,2	MGE_05	14,2	2,2	-1,7	MGE_05	3,3	1,9	-2,2
MGE_06	9,2	1,9	-2,8	MGE_06	13,6	2,3	-3,2	MGE_06	4,4	1,9	-2,9
MGE_07	6,7	3,2	-1,2	MGE_07	11,8	5,2	-1,7	MGE_07	3,2	4,7	-2,7
MGE_08	-11,7	-6,1	-2,2	MGE_08	-11,4	-4,6	-2,7	MGE_08	-3,4	4,1	-3,0
MGE_09	-5,6	-4,1	-2,6	MGE_09	-7,5	-4,7	-3,0	MGE_09	-4,8	2,0	-2,6
MGE_10	-1,0	-0,8	-2,1	MGE_10	-2,5	-1,4	-3,3	MGE_10	-3,5	1,6	-2,7
MGE_11	4,4	4,5	-2,0	MGE_11	3,2	4,4	-1,5	MGE_11	-0,3	3,7	-1,9
MGE_12	5,2	5,5	-2,0	MGE_12	5,6	7,5	-2,1	MGE_12	2,1	4,9	-1,7
MGE_13	0,0	-4,1	-2,0	MGE_13	0,9	-0,3	-1,8	MGE_13	2,4	5,3	-1,1
MGE_14				MGE_14				MGE_14			
MGE_15	2,1	1,4	-1,8	MGE_15	3,8	5,7	-0,8	MGE_15	2,9	4,8	-1,6
MGE_16	4,6	5,6	-2,0	MGE_16	4,6	6,7	-0,9	MGE_16	1,3	4,0	-1,4
MGE_17	1,1	1,4	-1,1	MGE_17	-1,1	0,3	-1,9	MGE_17	-3,3	0,4	-2,6
PGG01	2,3	1,0	-0,9	PGG01	2,6	6,4	-2,9	PGG01	3,9	5,4	-3,1

FONTE: A autora (2012)

TABELA 40 – VARIACOES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 2 E 3, 2 E 4 E 2 E 5 DOS MSU NÃO OBSERVADOS NA PRIMEIRA CAMPANHA DE LEVANTAMENTO A PARTIR DE PG03

PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 2 e 3			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 2 e 4			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 2 e 5		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MGE_01	-11,4	-0,1	1,1	MGE_01	-11,0	-0,3	-0,3	MGE_01	-0,8	0,4	-1,1
MGE_02	-12,1	-1,5	0,4	MGE_02	-13,9	-1,8	-2,8	MGE_02	-1,4	1,6	-4,3
MGE_14	-4,8	-7,1	1,1	MGE_14	-4,7	-7,1	0,3	MGE_14	-0,1	-1,4	-1,8

FONTE: A autora (2012)

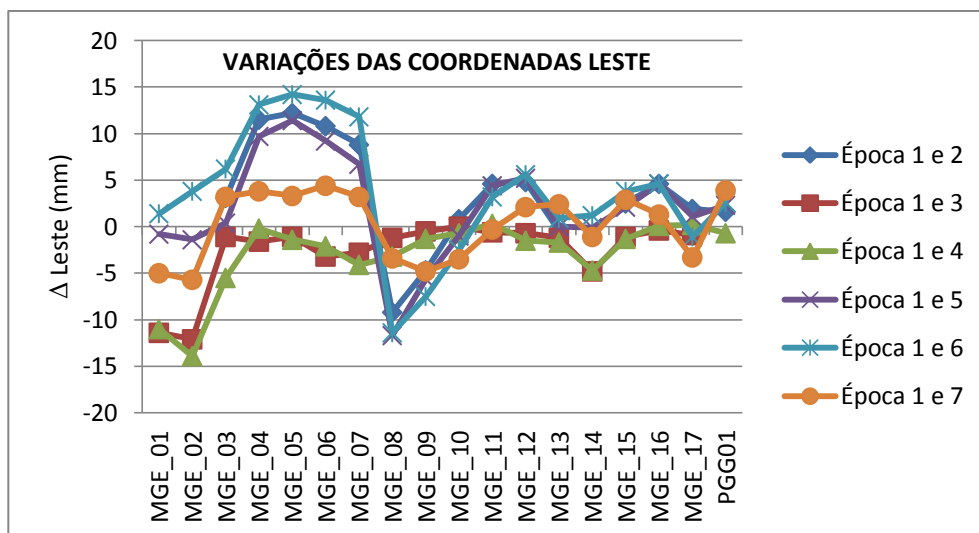
TABELA 41 - VARIACOES DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 2 E 3, 2 E 4 E 2 E 5 DOS MSU NÃO OBSERVADOS NA PRIMEIRA CAMPANHA DE LEVANTAMENTO A PARTIR DE PG03

PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 2 e 6			PG03	Variação das coordenadas entre as épocas 2 e 7		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MGE_01	1,4	0,9	-2,2	MGE_01	-5,0	0,8	-4,4
MGE_02	3,8	3,4	-4,0	MGE_02	-5,7	3,8	-3,5
MGE_14	1,2	2,1	-1,0	MGE_14	-1,1	-0,2	-1,5

FONTE: A autora (2012)

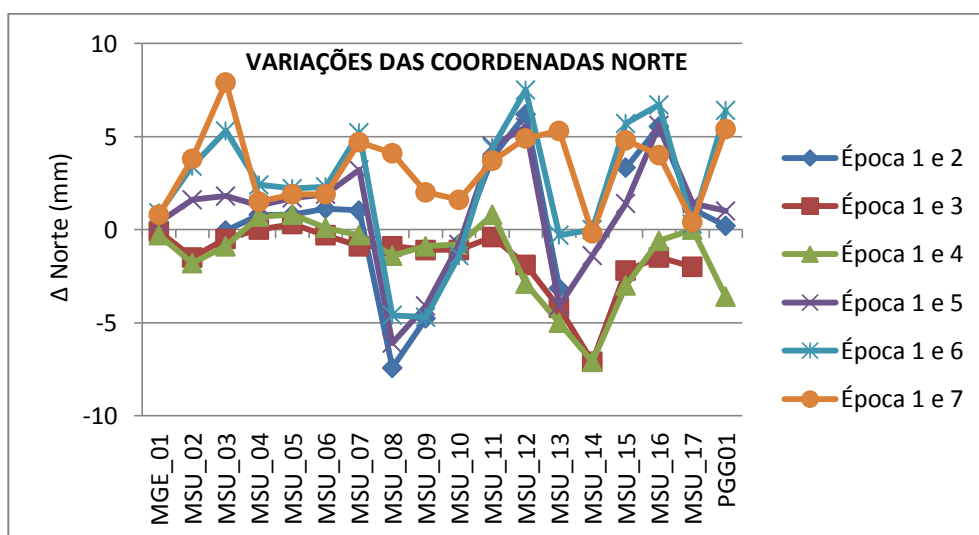
As variações dos pontos MGE_01, MGE_02 e MGE_03, indicadas nos gráficos 39, 40 e 41, estão em relação a segunda campanha de levantamento, tomada como referência apenas para estes pontos.

GRÁFICO 39 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS LESTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG03



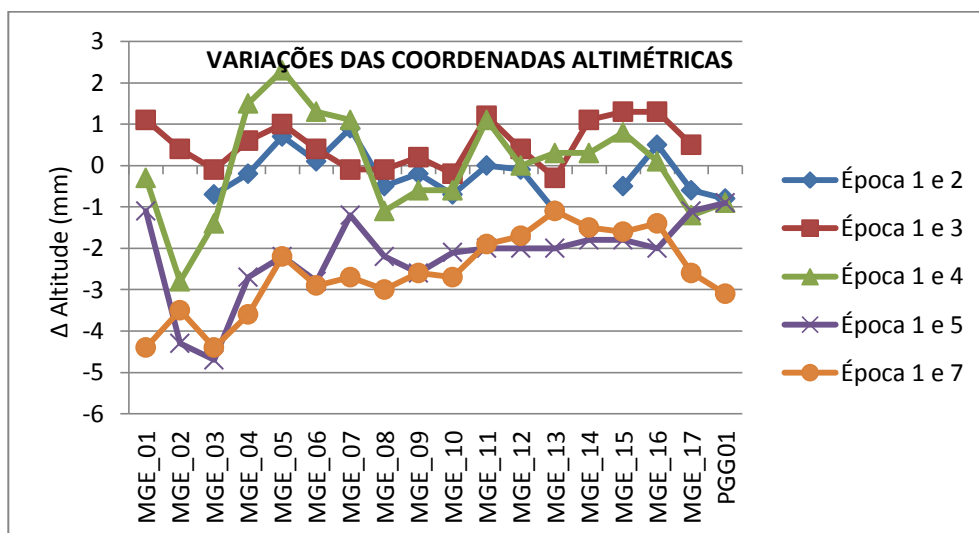
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 40 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS NORTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG03



FONTE: A autora (2012)

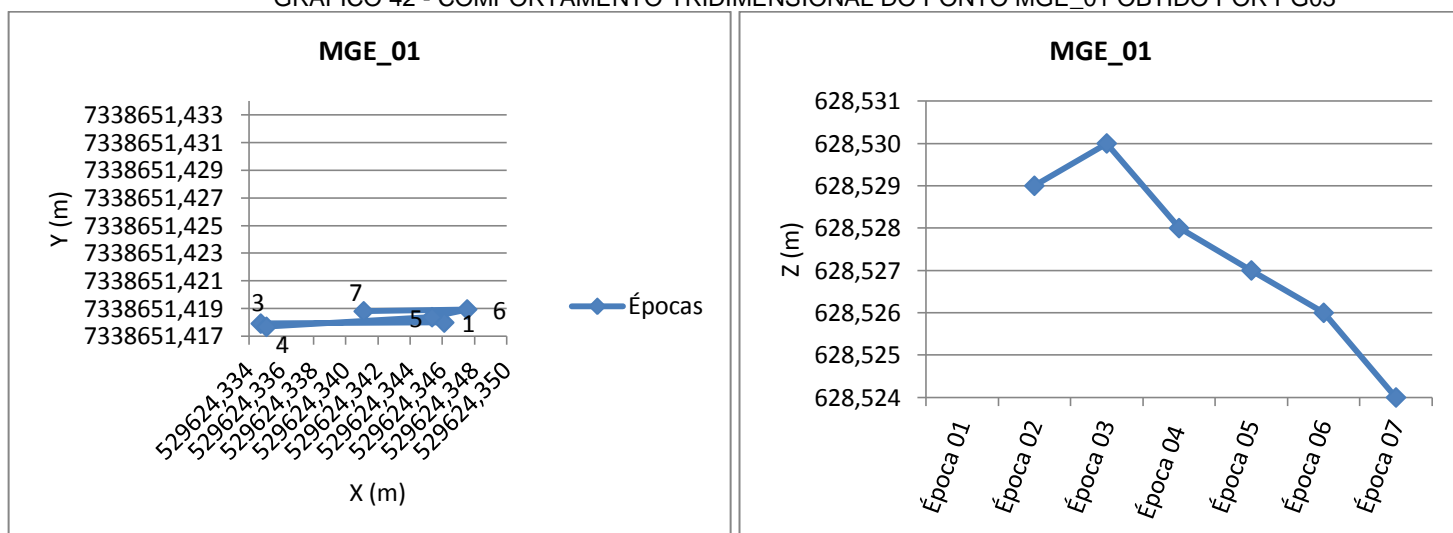
GRÁFICO 41 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ALTIMÉTRICAS DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS POR PG03



FONTE: A autora (2012)

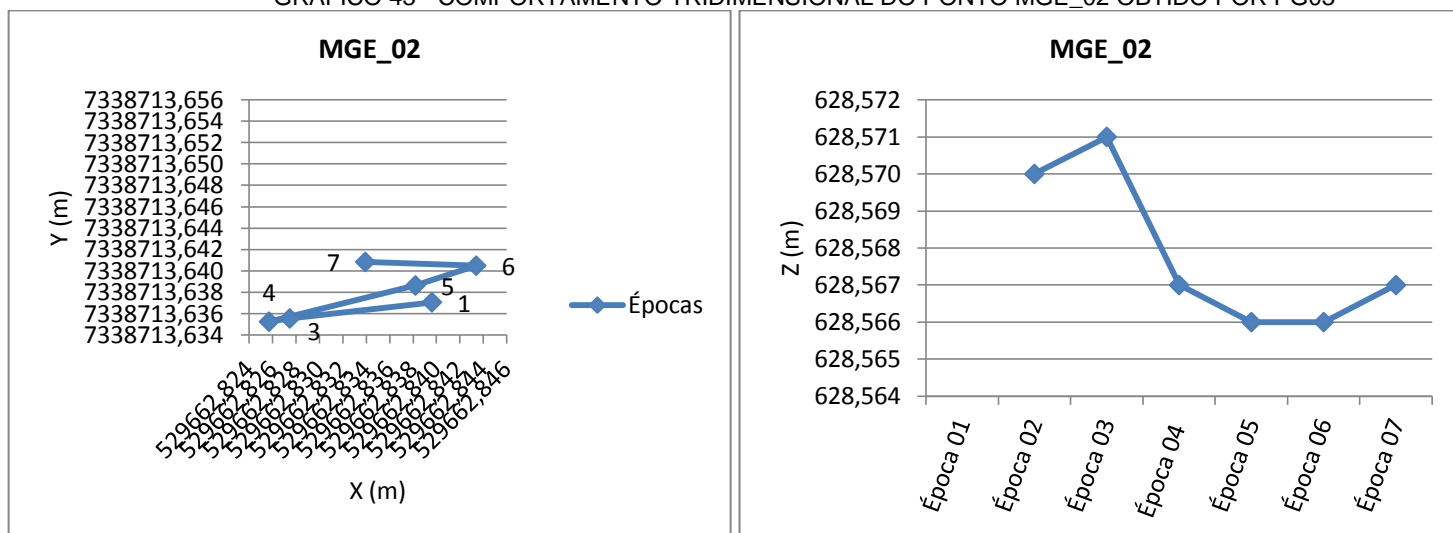
APÊNDICE 06 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A JUSANTE OBTIDOS POR PG03

GRÁFICO 42 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_01 OBTIDO POR PG03



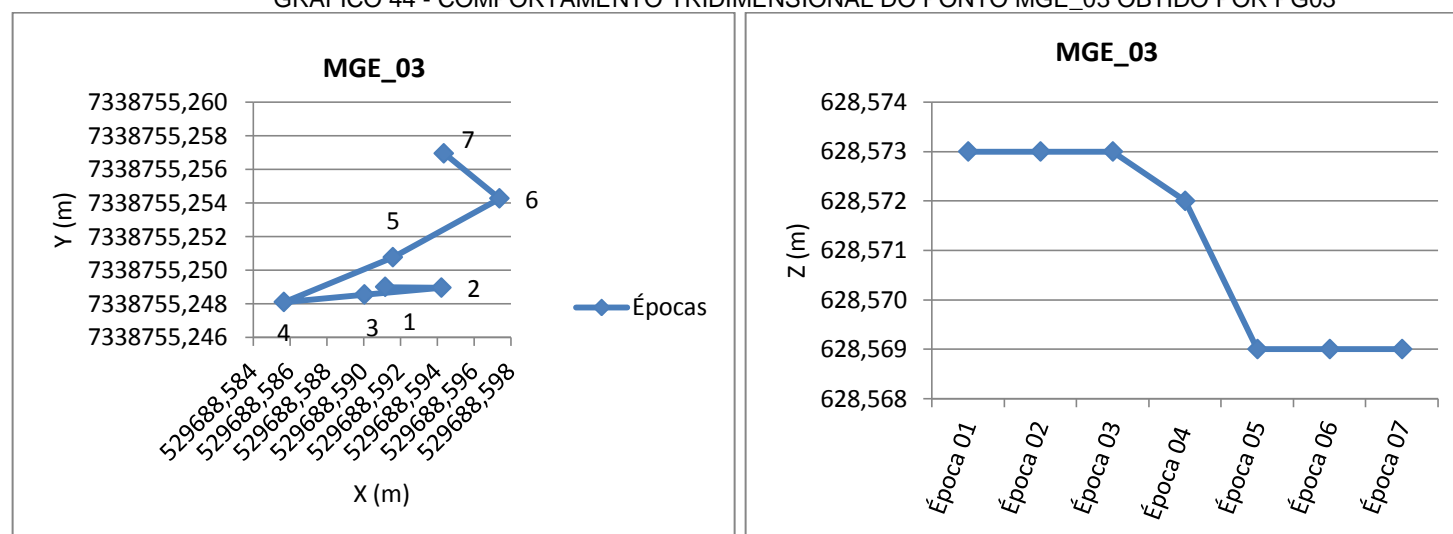
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 43 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_02 OBTIDO POR PG03



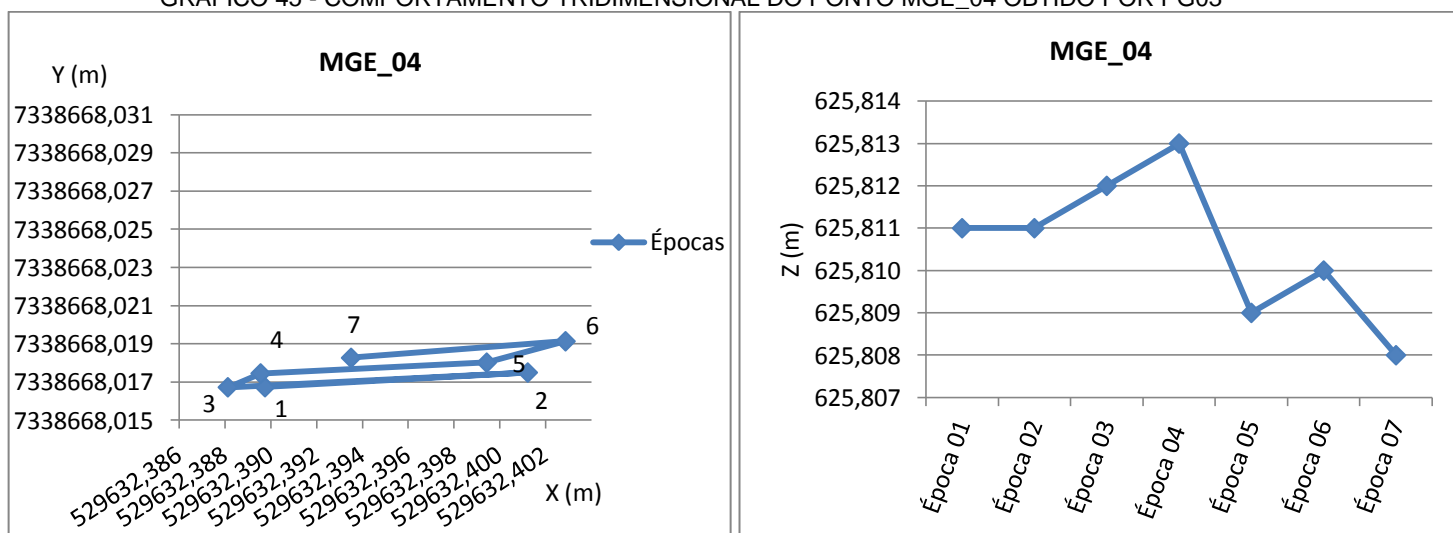
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 44 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_03 OBTIDO POR PG03



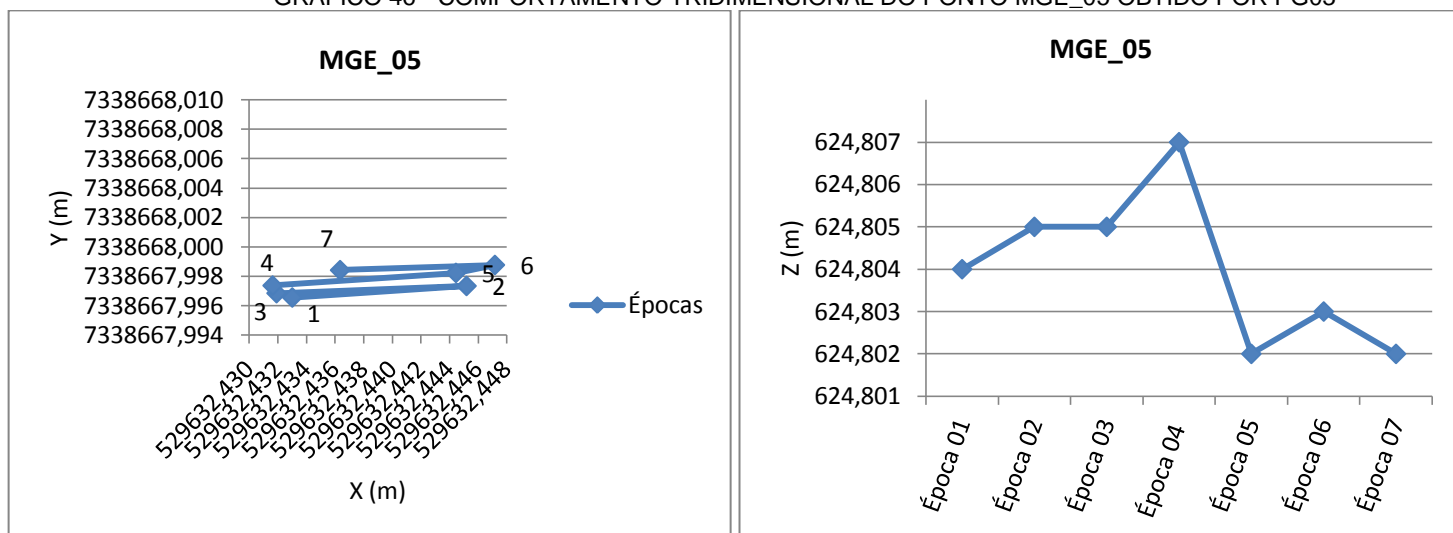
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 45 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_04 OBTIDO POR PG03



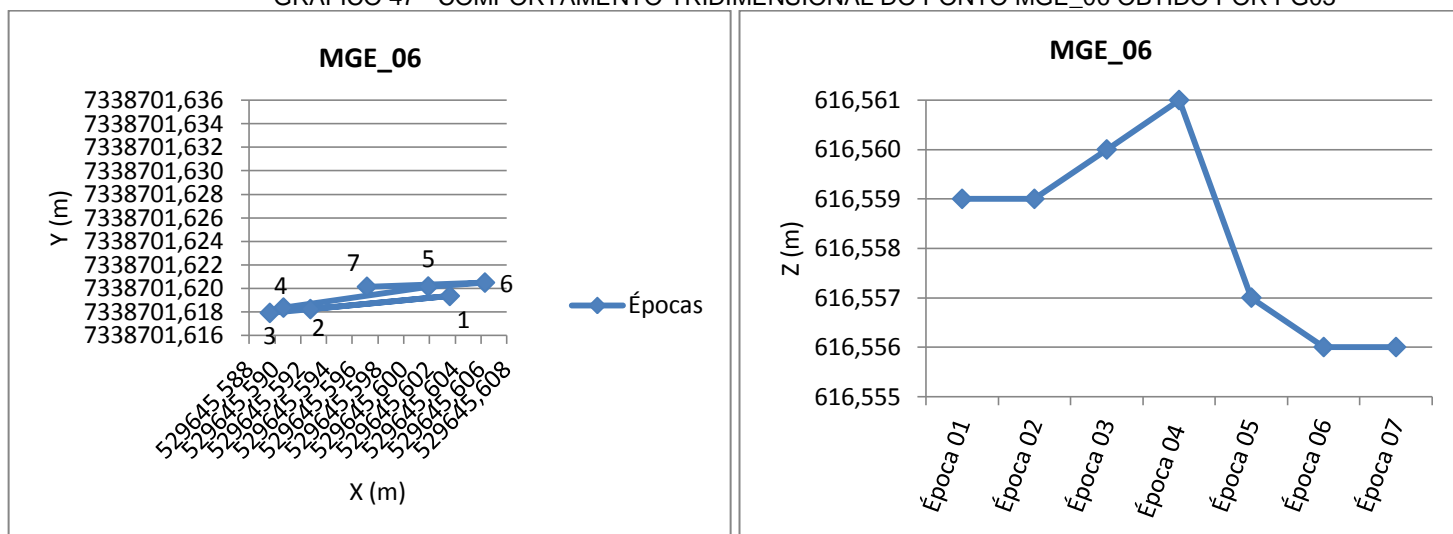
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 46 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_05 OBTIDO POR PG03



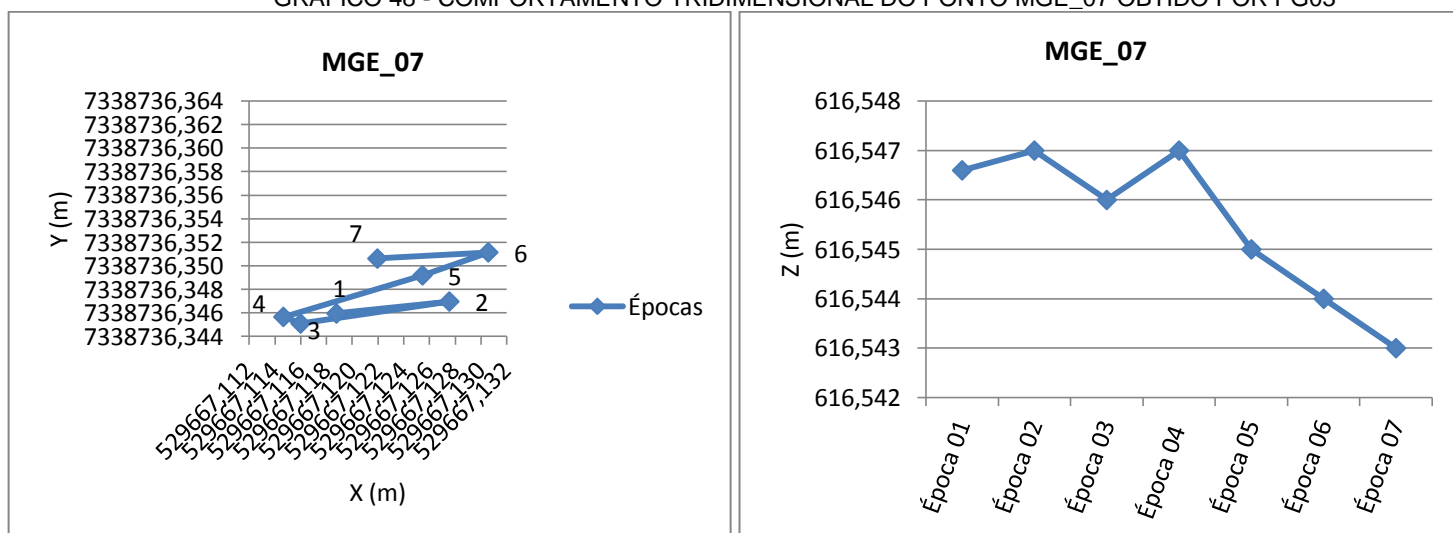
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 47 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_06 OBTIDO POR PG03



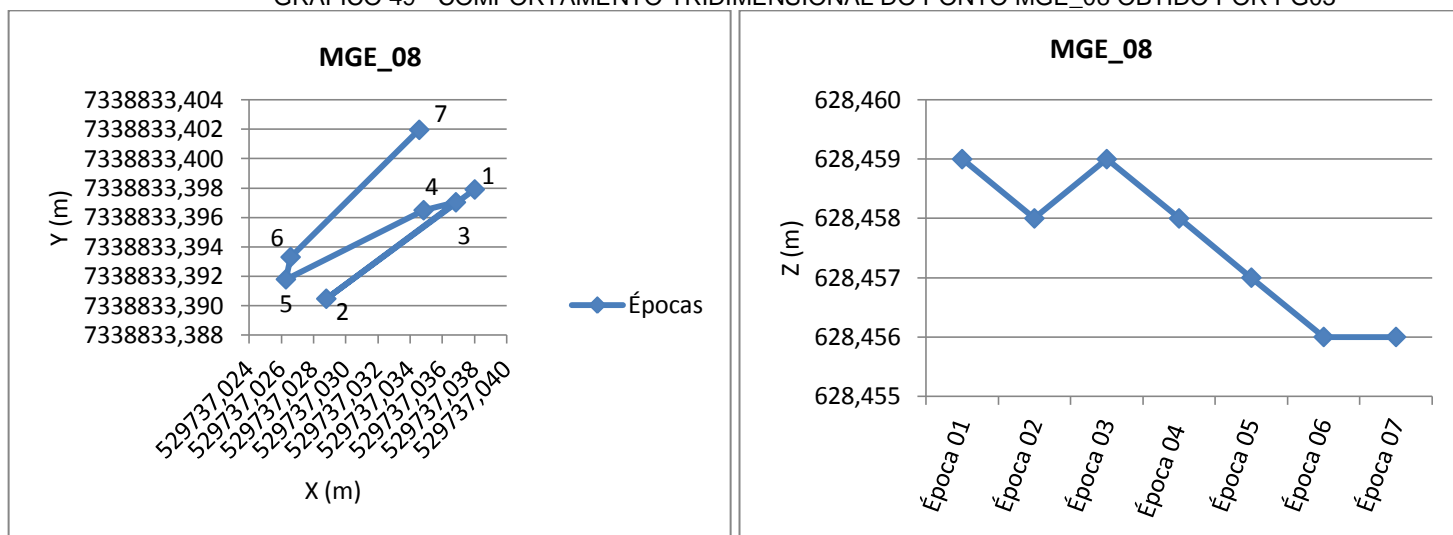
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 48 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_07 OBTIDO POR PG03



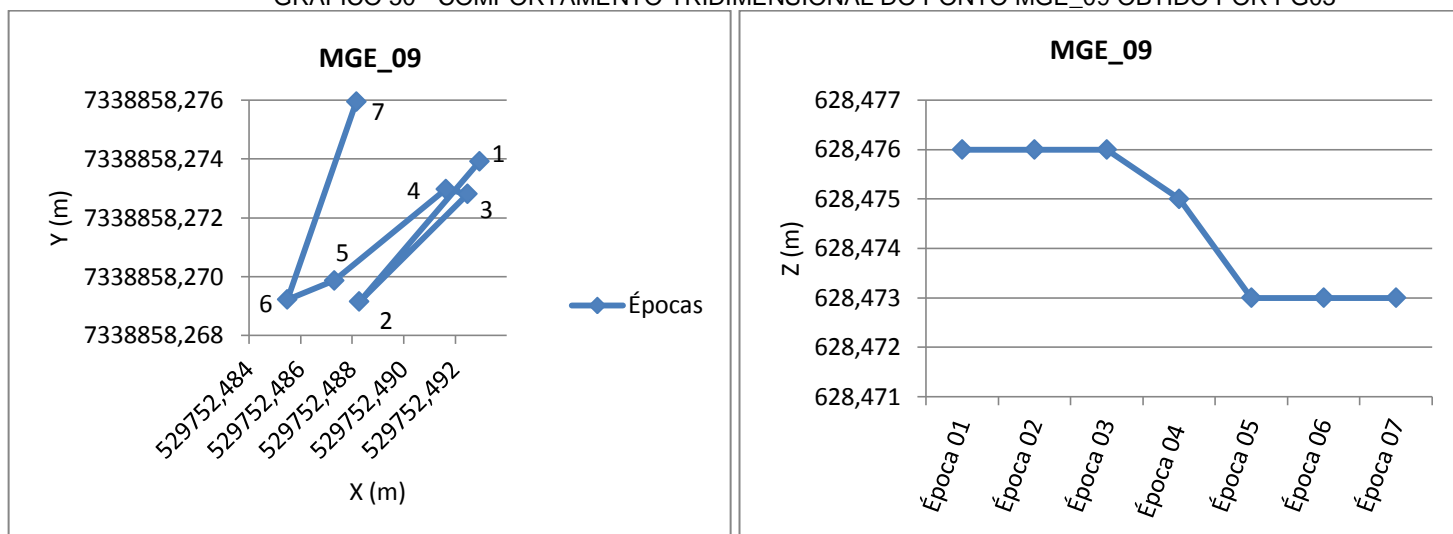
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 49 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_08 OBTIDO POR PG03



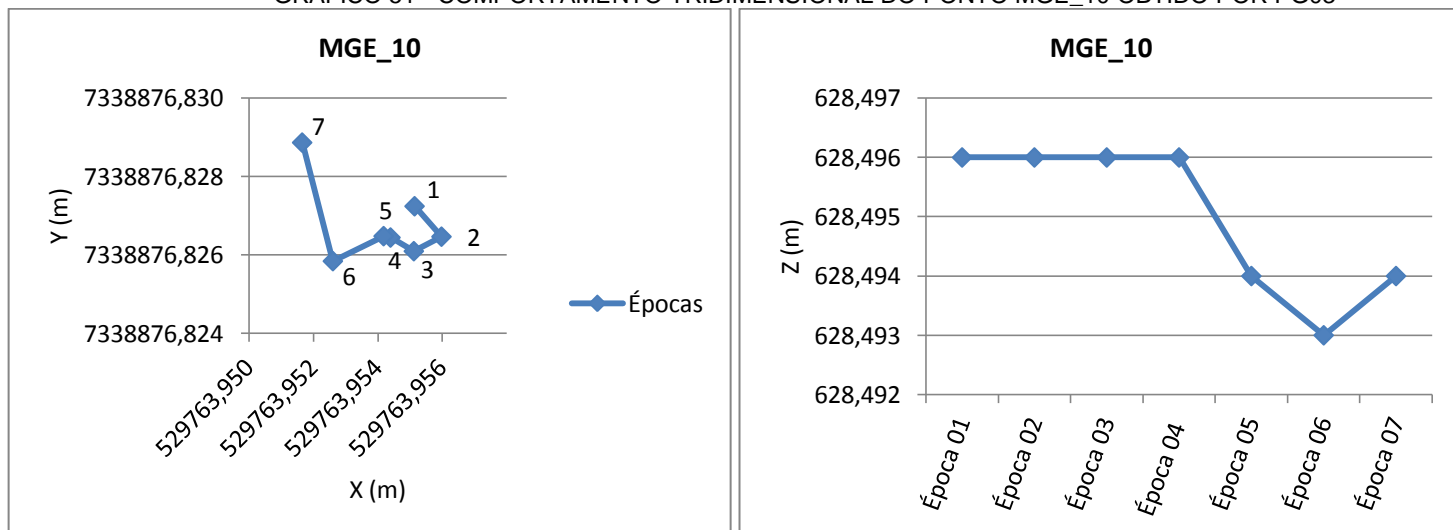
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 50 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_09 OBTIDO POR PG03



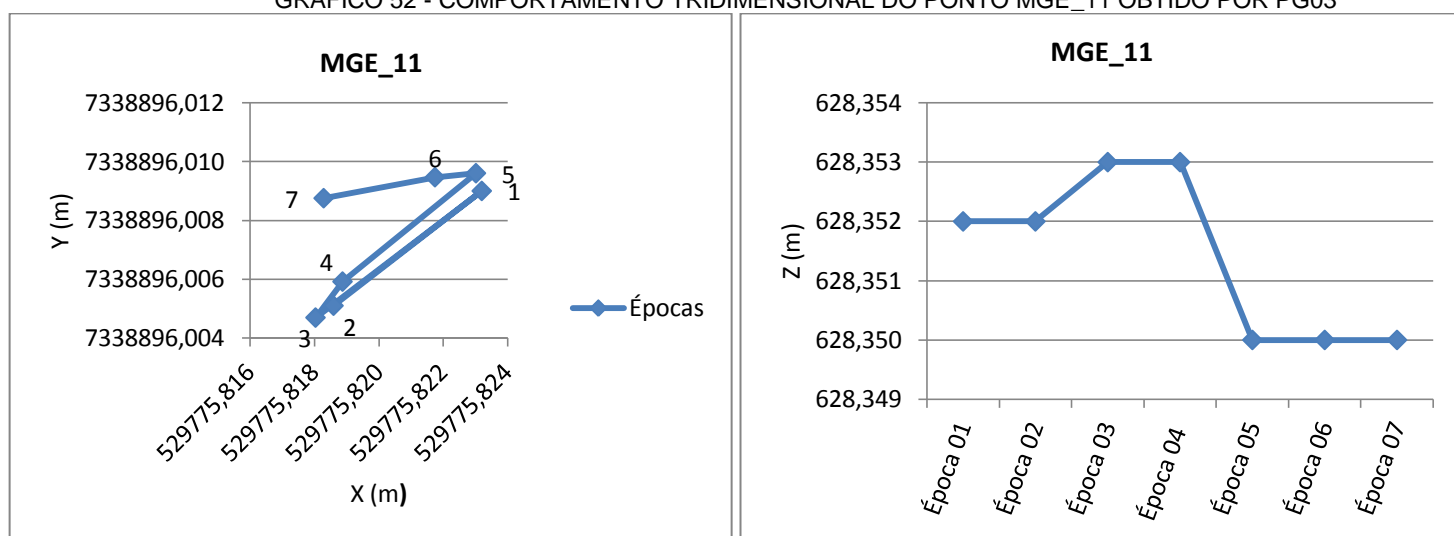
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 51 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_10 OBTIDO POR PG03



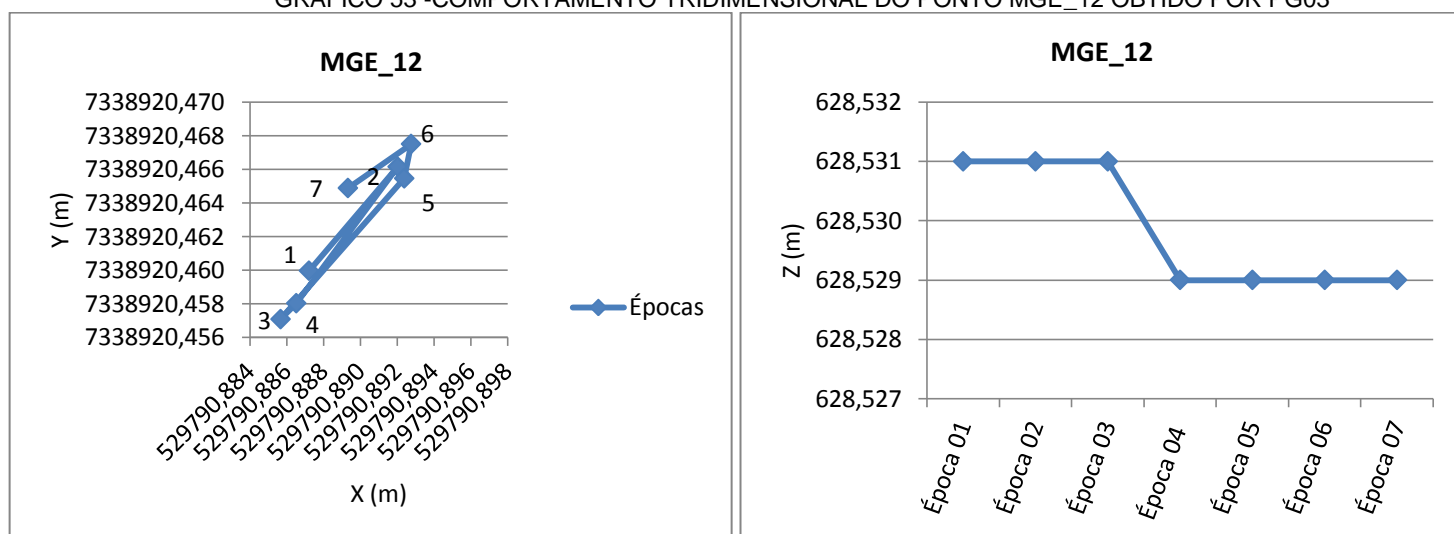
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 52 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_11 OBTIDO POR PG03



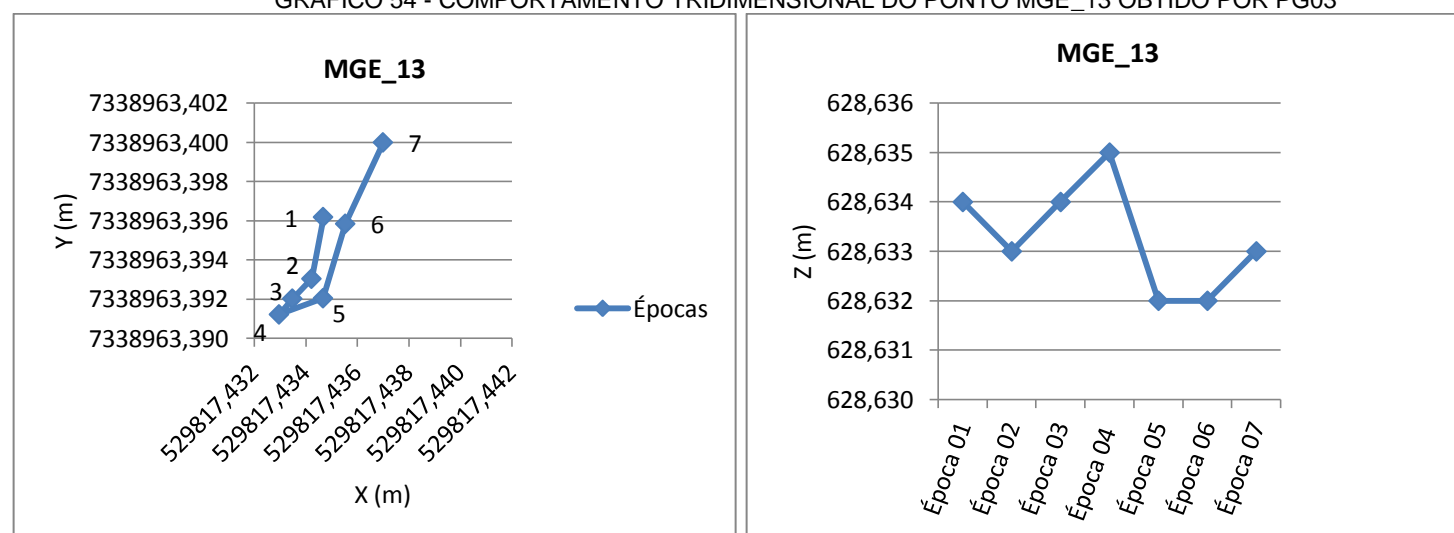
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 53 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_12 OBTIDO POR PG03



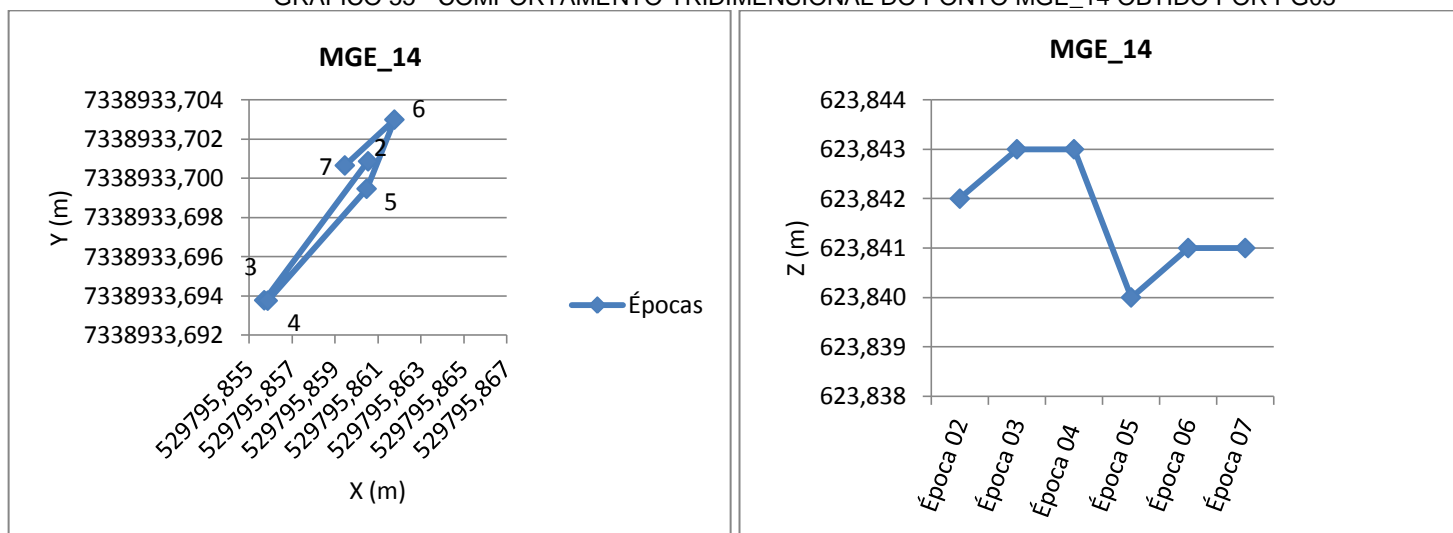
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 54 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_13 OBTIDO POR PG03



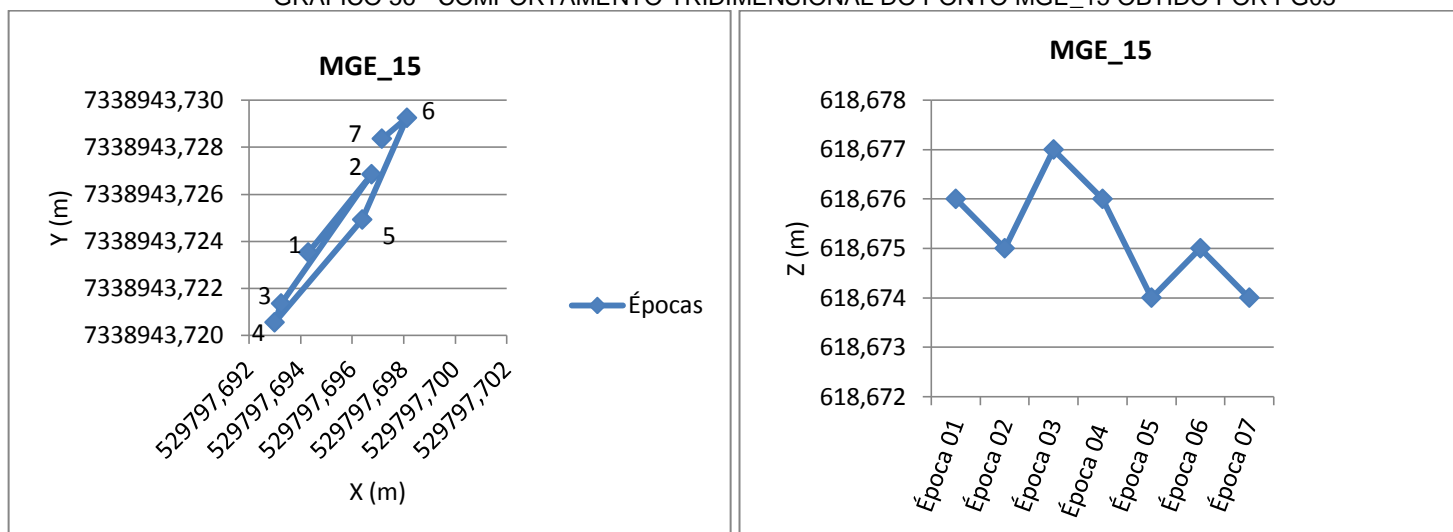
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 55 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_14 OBTIDO POR PG03



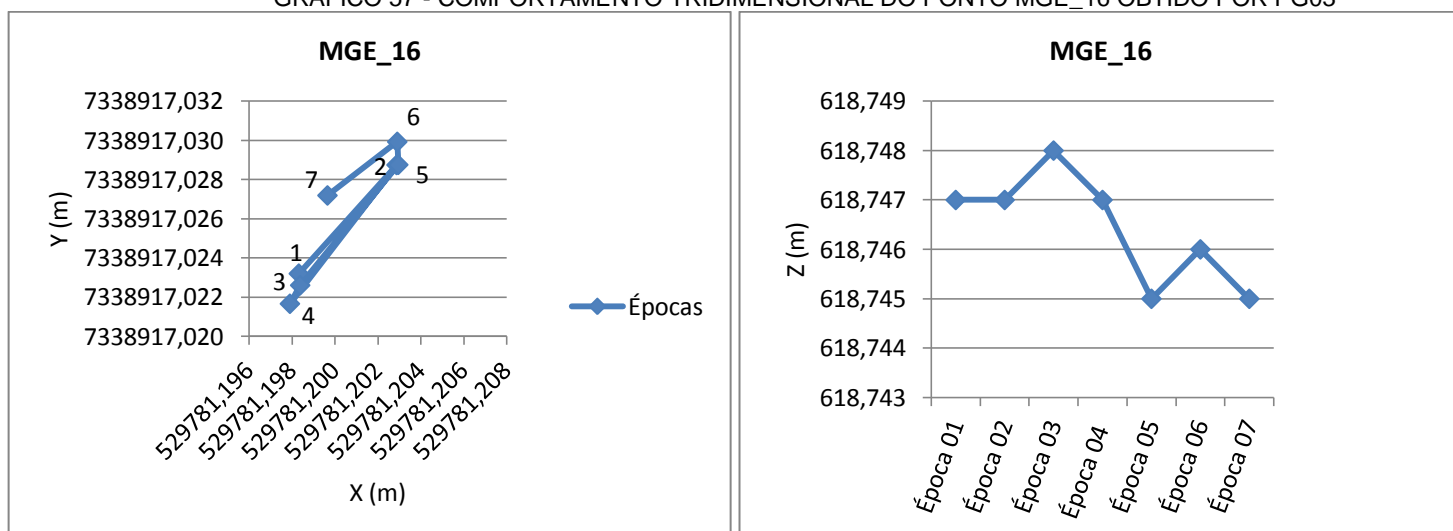
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 56 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_15 OBTIDO POR PG03



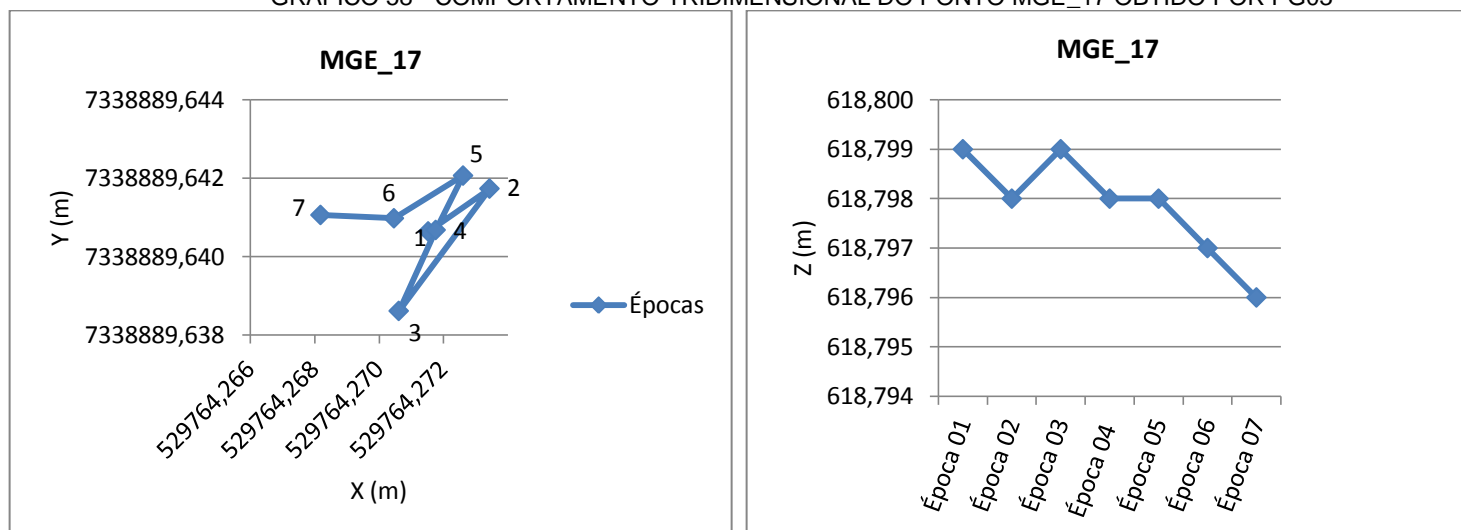
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 57 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_16 OBTIDO POR PG03



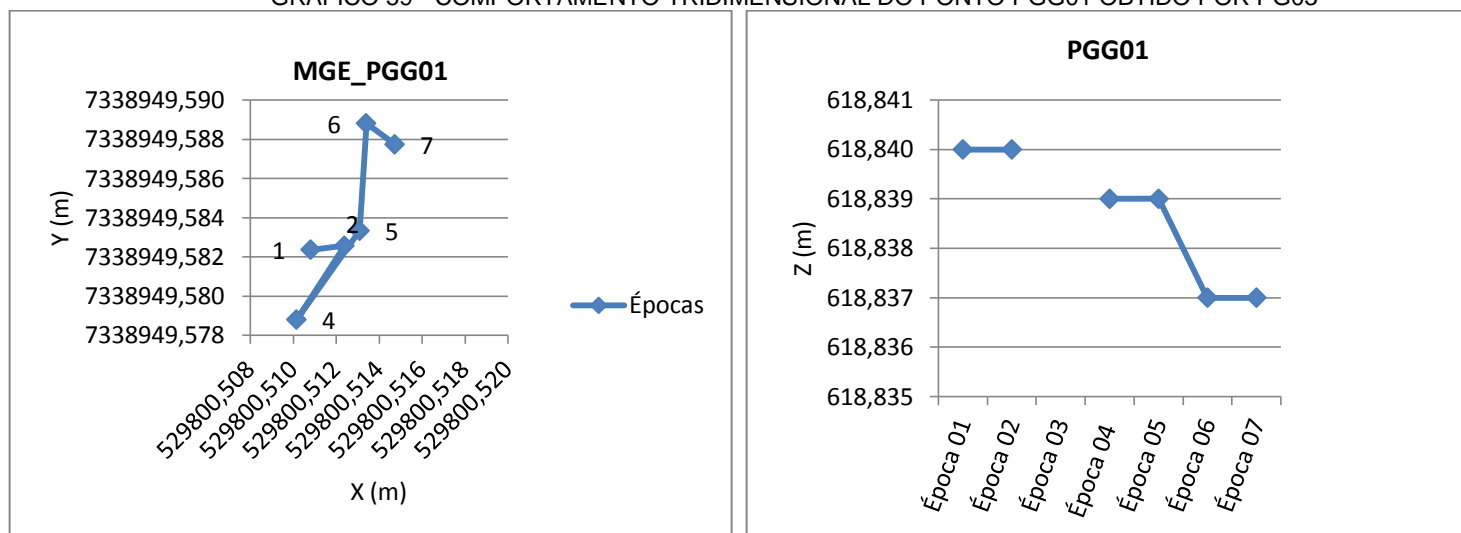
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 58 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MGE_17 OBTIDO POR PG03



FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 59 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO PGG01 OBTIDO POR PG03



FONTE: A autora (2012)

APÊNDICE 7 – TABELAS COM OS RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS OBTIDAS POR PG01, PG02, PG03 E PG01 COM PG02

TABELA 42 – RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG01 (ÉPOCA 1 E 3 E ÉPOCA 1 E 4)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3							H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3							H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$							Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0							Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0						
PG01	Estatística do teste F			Tomada de decisão			PG01	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude		Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01							MSU_01	34,04	2,28	1,42	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_02	3,05	3,52	13,83	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_02	1,65	4,37	8,66	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_03	1,78	16,47	5,41	Aceita	Rejeita	Rejeita	MSU_03	2,55	1,67	4,18	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_04	2,26	12,56	6,46	Aceita	Rejeita	Rejeita	MSU_04	2,15	5,14	3,38	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_05	1,77	5,09	22,63	Aceita	Rejeita	Rejeita	MSU_05	2,34	1,84	6,55	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_06	1,20	16,29	20,81	Aceita	Rejeita	Rejeita	MSU_06	1,74	9,01	2,34	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_07	1,92	5,01	2,71	Aceita	Rejeita	Aceita	MSU_07	1,76	6,13	5,37	Aceita	Rejeita	Rejeita
MSU_08	1,87	1,92	3,85	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_08	1,27	3,83	2,44	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	39,57	73,73	∞	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_09	2,13	4,36	∞	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_10	3,07	1,17	3,24	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_10	2,10	1,40	1,46	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	3,64	4,46	1,76	Aceita	Rejeita	Aceita	MSU_11	2,14	3,98	2,00	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	1,95	1,29	2,40	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_12	1,73	2,00	4,21	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_13	5,31	2,50	5,20	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU_13	3,21	3,95	2,86	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_14	2,41	1,78	6,01	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_14	3,19	1,43	2,20	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_15	2,53	1,94	3,00	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_15	1,88	1,49	4,62	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_16	7,57	1,22	1,28	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU_16	1,87	4,75	1,70	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_17	2,35	0,78	2,39	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_17	0,51	0,59	0,19	Aceita	Aceita	Aceita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 43 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG01 (ÉPOCA 1 E 5 E ÉPOCA 1 E 6)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5							H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5							H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$							Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0							Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0						
PG01	Estatística do teste F			Tomada de decisão			PG01	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude		Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	1,22	1,39	1,37	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_01	2,06	2,38	9,15	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_02	1,11	2,72	6,46	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_02	1,08	2,74	6,73	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_03	7,08	2,71	2,73	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU_03	1,50	2,50	2,07	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_04	1,35	2,18	2,04	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_04	1,41	1,99	1,71	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_05	1,66	3,32	1,50	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_05	1,18	1,71	1,43	Aceita	Aceita	Aceita

continua

MSU_06	1,87	2,19	1,04	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_06	1,29	4,94	1,96	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_07	1,16	1,74	2,34	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_07	1,62	1,49	3,53	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_08	1,11	1,46	3,07	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_08	1,87	1,24	1,80	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	72,98	36,33	∞	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_09	96,75	73,30	∞	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_10	1,07	1,90	1,14	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_10	1,31	2,00	1,83	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	1,55	2,22	1,75	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_11	2,01	1,20	1,44	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	1,50	2,97	1,75	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_12	1,11	1,92	1,34	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_13	1,83	1,37	1,38	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_13	1,87	1,71	1,03	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_14	1,92	1,16	3,31	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_14	1,24	2,34	4,08	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_15	1,15	1,80	3,85	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_15	1,27	2,28	1,23	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_16	1,41	2,40	2,03	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_16	2,05	1,63	3,57	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_17	0,85	0,52	0,54	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_17	0,71	0,72	1,08	Aceita	Aceita	Aceita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 44 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG01 (ÉPOCA 1 E 7) E PARA O PILAR PG02 (ÉPOCA 1 E 3)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7							H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7							H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$							Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0							Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG01	Estatística do teste F			Tomada de decisão			PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude		Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	11,83	1,52	1,56	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU_01	7,07	22,02	2,51	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_02	3,46	1,26	2,55	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_02	8,96	1,71	1,62	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_03	1,06	1,28	4,99	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_03	2,12	2,03	1,04	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_04	1,26	1,55	4,82	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_04	2,81	1,35	2,05	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_05	10,83	9,93	1,60	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU_05	1,04	3,27	3,09	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_06	1,01	6,08	1,96	Aceita	Rejeita	Aceita	MSU_06	1,76	2,44	3,39	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_07	1,29	1,78	3,97	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_07						
MSU_08	1,81	1,21	1,77	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_08	1,74	3,06	3,18	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	24,90	80,98	∞	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_09	6,33	1,61	2,15	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_10	3,59	2,92	1,26	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_10	4,17	1,43	1,25	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	2,76	3,52	1,50	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_11	4,38	3,40	1,46	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	1,18	1,30	1,94	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_12	8,58	2,10	1,28	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_13	4,10	2,18	2,45	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_13	12,42	1,81	1,74	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_14	1,26	1,17	2,12	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_14	3,96	1,57	1,34	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_15	1,18	1,16	4,86	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_15	2,17	1,60	4,78	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_16	1,44	2,68	1,35	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_16	2,35	1,39	7,96	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_17	0,66	3,00	0,82	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 45 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG02 (ÉPOCA 1 E 4 E ÉPOCA 1 E 5)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F\alpha/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F\alpha/2$ aceita-se H0						
PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	12,99	28,57	3,27	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_02	3,08	2,12	1,45	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_03	1,29	2,03	2,42	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_04	1,29	5,94	2,98	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_05	1,13	4,92	3,59	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_06	2,35	5,04	3,70	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	3,41	3,07	1,97	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	2,84	2,89	1,90	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_10	1,70	2,35	1,38	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	3,14	4,57	1,81	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_12	14,11	3,82	1,40	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_13	2,71	3,22	2,55	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_14	4,47	3,20	1,15	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_15	1,11	1,57	1,19	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_16	1,47	1,09	2,94	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F\alpha/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F\alpha/2$ aceita-se H0						
PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	10,70	56,84	1,64	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_02	2,06	2,14	9,51	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_03						
MSU_04	4,19	10,47	2,41	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_05	1,47	1,83	8,22	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_06	1,93	2,71	1,77	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	1,93	1,19	1,96	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	1,40	1,29	6,69	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_10	1,77	1,20	5,74	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_11	1,34	2,11	4,17	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	1,36	1,33	9,10	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_13	1,04	1,55	17,68	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_14	28,74	6,65	18,07	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_15	3,50	1,11	16,47	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_16	3,20	4,18	4,36	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_17						

TABELA 46 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG02 (ÉPOCA 1 E 6 E ÉPOCA 1 E 7)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F\alpha/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F\alpha/2$ aceita-se H0						
PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	12,62	53,67	1,58	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_02	1,10	1,16	5,09	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_03	2,18	1,33	3,17	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_04	1,23	1,49	1,83	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_05	1,36	1,86	4,29	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_06	3,62	2,03	3,91	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	1,67	1,11	1,20	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	3,14	1,33	1,71	Aceita	Aceita	Aceita

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F\alpha/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F\alpha/2$ aceita-se H0						
PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	7,56	38,27	1,50	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_02	3,42	1,06	1,43	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_03	1,90	1,01	1,29	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_04	1,00	6,75	3,34	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_05	2,59	1,48	1,21	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_06	1,14	1,72	5,44	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_07						
MSU_08	3,63	1,28	6,06	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_09	3,08	1,46	2,05	Rejeita	Aceita	Aceita

continua

conclusão

MSU_10	1,38	1,09	1,43	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_10	6,00	1,00	1,16	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_11	2,01	2,86	2,19	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_11	2,45	2,43	8,79	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_12	1,18	2,35	2,28	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_12	6,23	1,78	1,17	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_13	1,92	1,64	2,01	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_13	1,64	3,33	3,22	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_14	1,37	1,05	1,95	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_14	8,05	2,50	1,06	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_15	1,13	8,14	2,35	Aceita	Rejeita	Aceita	MSU_15	1,56	1,86	1,55	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_16	5,03	2,31	1,60	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU_16	1,36	2,03	1,34	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_17							MSU_17						

FONTE: A autora (2012)

TABELA 47 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG03 (ÉPOCA 1 E 2 E ÉPOCA 1 E 3)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 2							H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 2							H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$							Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$ conclusão						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0							Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG03	Estatística do teste F			Tomada de decisão			PG03	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude		Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MGE_01							MGE_01	1,86	3,26	1,27	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_02							MGE_02	1,80	2,43	3,08	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_03	1,21	1,04	1,15	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_03	1,09	3,11	2,72	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_04	1,14	1,46	3,02	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_04	1,10	99,52	3,21	Aceita	Rejeita	Aceita
MGE_05	1,15	1,02	2,45	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_05	1,02	4,09	1,07	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_06	2,32	1,10	6,32	Aceita	Aceita	Rejeita	MGE_06	1,05	2,82	1,75	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_07	3,14	1,34	1,44	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_07	2,02	4,26	2,94	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_08	1,74	0,79	1,96	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_08	3,17	1,60	3,88	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_09	1,60	1,02	2,64	Rejeita	Aceita	Aceita	MGE_09	1,24	1,43	1,99	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_10	15,16	2,36	4,45	Rejeita	Aceita	Rejeita	MGE_10	5,86	2,18	2,30	Rejeita	Aceita	Aceita
MGE_11	5,94	2,31	1,14	Rejeita	Aceita	Aceita	MGE_11	3,84	1,56	1,68	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_12	1,13	1,67	1,25	Rejeita	Aceita	Aceita	MGE_12	2,92	3,35	1,20	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_13	1,12	1,06	1,78	Rejeita	Aceita	Aceita	MGE_13	3,40	1,89	1,37	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_14							MGE_14	2,49	2,07	1,57	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_15	1,70	2,33	3,64	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_15	3,02	3,88	6,05	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE_16	1,10	1,87	1,39	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_16	2,18	1,14	1,38	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_17	1,86	1,03	1,94	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_17	1,83	5,16	1,81	Aceita	Rejeita	Aceita
PGG01	1,31	1,43	1,93	Aceita	Aceita	Aceita	PGG01	1,31	1,43	1,93	Aceita	Aceita	Aceita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 48 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG03 (ÉPOCA 1 E 4 E ÉPOCA 1 E 5)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG03	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MGE _01	1,30	1,12	3,25	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _02	2,17	1,58	5,74	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _03	1,13	1,25	5,28	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _04	2,47	1,31	5,65	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _05	2,90	1,40	4,93	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _06	3,70	3,22	3,32	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _07	3,23	1,99	10,20	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _08	1,22	1,35	5,63	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _09	1,12	1,64	4,97	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _10	2,91	1,55	4,61	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _11	1,49	1,34	8,70	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _12	1,20	1,32	5,44	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _13	2,93	1,33	5,89	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _14	9,46	5,04	22,65	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MGE _15	2,16	1,18	1,04	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _16	2,18	1,81	2,67	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _17	1,15	1,86	2,37	Aceita	Aceita	Aceita
PGG01	32,93	3,92	1,68	Rejeita	Aceita	Aceita

FONTE: A autora (2012)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG03	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MGE _01	2,82	1,40	1,69	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _02	2,39	3,08	3,84	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _03	1,27	1,99	2,26	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _04	6,73	3,35	1,95	Rejeita	Aceita	Aceita
MGE _05	4,08	2,51	2,32	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _06	8,41	1,65	2,29	Rejeita	Aceita	Aceita
MGE _07	6,07	1,60	1,59	Rejeita	Aceita	Aceita
MGE _08	1,45	1,72	1,30	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _09	2,54	1,38	1,05	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _10	1,20	5,26	1,82	Aceita	Rejeita	Aceita
MGE _11	1,19	2,04	1,40	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _12	1,49	1,39	1,66	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _13	1,74	1,75	2,18	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _14	27,46	9,81	17,20	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MGE _15	1,15	1,59	1,29	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _16	2,83	1,15	5,19	Aceita	Aceita	Rejeita
MGE _17	1,09	1,07	2,34	Aceita	Aceita	Aceita
PGG01	4,21	0,68	1,12	Aceita	Aceita	Aceita

TABELA 49 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS PARA O PILAR PG03 (ÉPOCA 1 E 4 E ÉPOCA 1 E 5)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG03	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MGE _01	2,54	1,48	1,29	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _02	1,27	1,48	1,60	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _03	2,41	1,34	1,38	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _04	1,74	1,49	1,10	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _05	1,85	94,80	5,98	Aceita	Rejeita	Rejeita
MGE _06	2,01	70,69	1,58	Aceita	Rejeita	Aceita
MGE _07	1,33	1,26	1,80	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _08	1,48	3,78	1,47	Aceita	Aceita	Aceita

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG03	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MGE _01	1,42	1,82	1,37	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _02	2,28	1,24	3,39	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _03	1,01	1,12	1,79	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _04	2,46	47,78	2,50	Aceita	Rejeita	Aceita
MGE _05	1,01	1,25	1,11	Aceita	Aceita	Aceita
MGE _06	1,72	85,32	1,07	Aceita	Rejeita	Aceita
MGE _07	3,93	8,01	2,11	Aceita	Rejeita	Aceita
MGE _08	1,55	2,44	1,79	Aceita	Aceita	Aceita

continua

MGE_09	1,93	2,27	1,03	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_09	1,51	1,05	1,78	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_10	1,91	1,47	7,32	Aceita	Aceita	Rejeita	MGE_10	4,24	2,60	2,05	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_11	4,38	1,26	1,44	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_11	2,21	1,38	1,01	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_12	1,64	1,41	1,90	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_12	1,02	2,39	1,94	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_13	2,47	2,02	1,78	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_13	25,21	1,69	1,19	Rejeita	Aceita	Aceita
MGE_14	14,14	3,00	4,64	Rejeita	Aceita	Aceita	MGE_14	11,41	3,99	3,59	Rejeita	Aceita	Aceita
MGE_15	1,31	3,15	1,26	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_15	4,19	1,22	3,32	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_16	2,50	1,34	1,21	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_16	1,13	1,52	1,01	Aceita	Aceita	Aceita
MGE_17	1,59	2,42	2,81	Aceita	Aceita	Aceita	MGE_17	1,90	1,42	1,05	Aceita	Aceita	Aceita
PGG01	25,45	1,83	2,23	Rejeita	Aceita	Aceita	PGG01	1,56	2,19	1,37	Aceita	Aceita	Aceita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 50- RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS ENTRE OS PILARES PG01 E PG02 (ÉPOCA 1 E 1 E ÉPOCA 3 E 3)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 1							H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 3 e 3						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 1							H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 3 e 3						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$							Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $F_{\alpha/2} = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0							Tomada de decisão: $F < F_{\alpha/2}$ aceita-se H0						
PG01 PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão			PG01 PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude		Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	2,57	2,81	186,09	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_01						
MSU_02	19,20	20,44	3,80	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU_02	6,53	42,04	32,53	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_03	13,20	11,82	6,37	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_03	11,07	95,96	33,05	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_04	8,43	5,09	1,29	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU_04	6,79	47,25	17,06	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_05	3,28	2,92	1,38	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_05	6,01	4,55	50,71	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_06	1,74	2,17	3,05	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_06	1,19	14,46	18,76	Aceita	Rejeita	Rejeita
MSU_07							MSU_07						
MSU_08	1,63	1,99	1,10	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_08	1,75	1,25	1,33	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	113,03	62,24	1000,00	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_09	2,22	1,91	2,54	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_10	1,33	0,69	2,90	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_10	1,81	1,19	1,40	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	2,11	2,65	1,85	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_11	2,53	2,02	1,53	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	1,54	3,04	10,22	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_12	6,76	4,94	5,46	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_13	4,62	6,99	33,70	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_13	10,83	5,06	11,29	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_14	6,00	6,84	45,60	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_14	9,85	6,02	10,18	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_15	42,97	10,30	28,32	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_15	36,79	3,33	45,16	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_16	55,11	20,91	32,26	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_16	17,08	12,39	201,01	Rejeita	Rejeita	Rejeita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 51 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS ENTRE OS PILARES PG01 E PG02 (ÉPOCA 4 E 4 E ÉPOCA 5 E 5)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 4 e 4						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 4 e 4						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0						
PG01 PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	1137,49	183,33	80,87	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_02	10,31	42,04	22,71	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_03	26,04	9,69	10,99	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_04	14,03	4,40	12,97	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_05	6,76	1,09	17,09	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_06	7,10	3,87	1,93	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	1,65	2,49	1,37	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	18,69	4,95	1,02	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_10	1,08	1,15	2,75	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	3,09	3,04	1,68	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	12,53	5,81	1,74	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_13	3,90	5,69	4,62	Aceita	Rejeita	Rejeita
MSU_14	8,40	15,32	17,99	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_15	25,24	10,84	7,29	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_16	43,38	4,80	55,93	Rejeita	Rejeita	Rejeita

FONTE: A autora (2012)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 5 e 5						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 5 e 5						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0						
PG01 PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	33,53	114,79	417,75	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_02	35,67	26,03	233,65	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_03						
MSU_04	2,72	1,06	6,32	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_05	8,01	5,29	3,99	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_06	6,26	1,75	1,79	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	3,50	1,62	6,64	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_09	1,11	2,21	4,88	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_10	1,43	1,57	1,73	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_11	1,83	2,52	3,93	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_12	1,39	1,36	1,56	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_13	2,42	3,30	1,38	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_14	89,83	39,30	1,31	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_15	10,65	5,15	2,24	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_16	12,22	2,09	3,65	Rejeita	Aceita	Aceita

TABELA 52 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS ENTRE OS PILARES PG01 E PG02 (ÉPOCA 6 E 6 E ÉPOCA 7 E 7)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 6 e 6						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 6 e 6						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0						
PG01 PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	66,88	63,50	12,84	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_02	16,21	48,13	130,32	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_03	19,14	22,15	4,16	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_04	7,39	6,78	4,03	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_05	3,78	2,70	2,17	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_06	4,86	5,26	1,53	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	1,45	2,22	1,35	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	0,37	0,64	2,56	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_10	0,73	1,26	3,72	Aceita	Aceita	Aceita

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 7 e 7						
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 7 e 7						
Nível de significância: $\alpha=0,025$ / $Fa/2 = 4,43$						
Tomada de decisão: $F < Fa/2$ aceita-se H0						
PG01 PG02	Estatística do teste F			Tomada de decisão		
	Leste	Norte	Altitude	Leste	Norte	Altitude
MSU_01	230,11	70,76	193,47	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_02	19,46	24,24	6,80	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_03	7,32	15,29	24,68	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_04	10,64	1,17	1,86	Rejeita	Aceita	Aceita
MSU_05	13,69	19,63	1,04	Rejeita	Rejeita	Aceita
MSU_06	1,95	7,66	1,10	Aceita	Rejeita	Aceita
MSU_07						
MSU_08	1,23	1,89	3,11	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_09	1,47	1,90	1,88	Aceita	Aceita	Aceita
MSU_10	2,22	2,00	1,98	Aceita	Aceita	Aceita

continua

conclusão

MSU_11	2,11	6,35	2,81	Aceita	Aceita	Aceita	MSU_11	1,88	1,83	10,84	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_12	1,63	13,74	6,02	Aceita	Aceita	Rejeita	MSU_12	8,13	4,17	16,89	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_13	16,60	6,73	17,24	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_13	1,85	1,04	44,27	Aceita	Aceita	Rejeita
MSU_14	10,16	15,29	5,74	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_14	38,17	2,33	22,81	Rejeita	Aceita	Rejeita
MSU_15	29,97	191,55	53,99	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_15	56,90	4,78	9,02	Rejeita	Rejeita	Rejeita
MSU_16	134,92	5,53	72,06	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU_16	108,11	27,61	32,11	Rejeita	Rejeita	Rejeita

FONTE: A autora (2012)

APÊNDICE 8 – VARIAÇÕES DAS COORDENADAS OBTIDAS A PARTIR DA MÉDIA DOS PILARES PG01 E PG02

TABELA 53 - VARIAÇÃO DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 3, 1 E 4 E 1 E 5 A PARTIR DA MÉDIA DE PG01 E PG02

PG01/ PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 3			PG01/ PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 4			PG01/ PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 5		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MSU_01	8,7	6,9	-11,8	MSU_01	-2,1	-0,6	3,5	MSU_01	-10,1	3,4	7,1
MSU_02	1,0	2,7	1,5	MSU_02	1,9	-1,9	2,3	MSU_02	-12,3	3,6	7,5
MSU_03	-0,4	-0,6	0,4	MSU_03	0,3	-2,0	0,6	MSU_03	-13,9	-9,3	12,2
MSU_04	2,0	-2,6	2,2	MSU_04	2,5	-4,7	1,1	MSU_04	-7,4	1,1	3,5
MSU_05	0,3	0,7	1,4	MSU_05	3,6	-4,6	0,2	MSU_05	-6,2	0,3	3,5
MSU_06	-1,9	5,5	1,4	MSU_06	3,7	-2,1	0,1	MSU_06	-6,0	1,6	2,6
MSU_07				MSU_07				MSU_07			
MSU_08	-4,3	7,3	0,9	MSU_08	2,6	-2,0	0,6	MSU_08	-7,9	1,8	3,0
MSU_09	-4,3	9,1	-0,1	MSU_09	0,8	2,1	-2,0	MSU_09	-6,3	3,3	-0,6
MSU_10	-6,2	8,2	2,5	MSU_10	-1,9	1,5	-0,4	MSU_10	-6,8	2,9	1,7
MSU_11	-7,5	8,9	1,0	MSU_11	-3,3	3,4	-1,1	MSU_11	-8,0	3,6	1,9
MSU_12	-5,4	8,0	3,1	MSU_12	-0,2	3,3	-0,4	MSU_12	-2,7	2,4	1,9
MSU_13	-5,7	7,3	0,8	MSU_13	0,2	2,1	-1,1	MSU_13	0,2	-0,4	-0,6
MSU_14	-5,2	8,4	2,2	MSU_14	1,4	3,6	0,0	MSU_14	4,4	-1,0	0,4
MSU_15	-5,9	7,5	2,5	MSU_15	-1,6	4,1	1,4	MSU_15	4,3	-0,7	1,2
MSU_16	-7,5	9,6	2,9	MSU_16	-2,7	6,1	3,1	MSU_16	2,7	1,1	1,5
MSU_17				MSU_17				MSU_17			

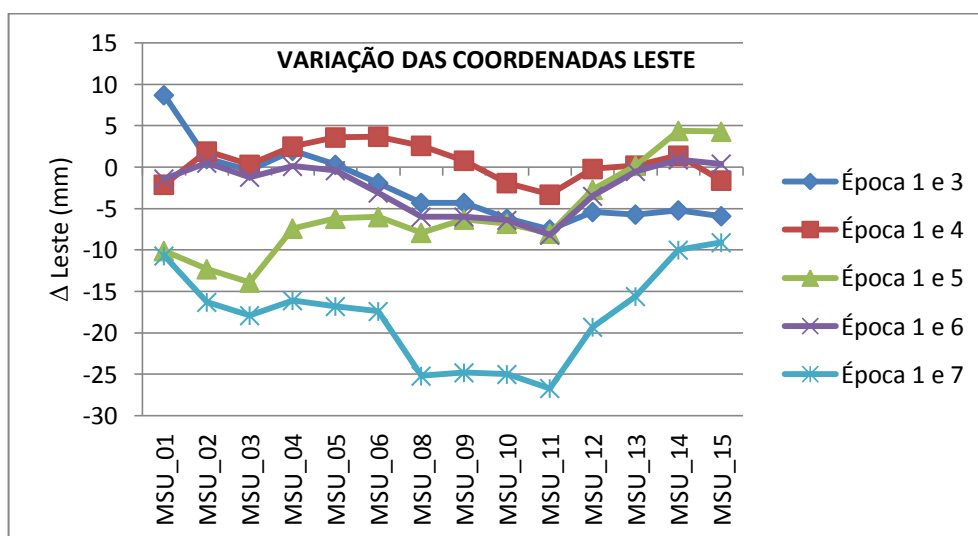
FONTE: A autora (2012)

TABELA 54 - VARIAÇÃO DAS COORDENADAS ENTRE AS ÉPOCAS 1 E 6 E 1 E 7 A PARTIR DA MÉDIA DE PG01 E PG02

PG01/ PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 6			PG01/ PG02	Variação das coordenadas entre as épocas 1 e 7		
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)		ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
MSU_01	-1,4	0,8	3,6	MSU_01	-10,7	5,6	5,0
MSU_02	0,5	3,3	4,9	MSU_02	-16,3	11,9	4,3
MSU_03	-1,2	-0,9	1,6	MSU_03	-17,9	6,9	2,1
MSU_04	0,1	1,0	2,8	MSU_04	-16,1	7,4	4,3
MSU_05	-0,4	4,1	1,6	MSU_05	-16,8	9,6	3,2
MSU_06	-3,1	6,7	0,6	MSU_06	-17,4	13,4	1,8
MSU_07				MSU_07			
MSU_08	-6,0	6,3	1,4	MSU_08	-25,2	15,8	3,1
MSU_09	-6,0	7,9	-0,1	MSU_09	-24,8	17,8	1,9
MSU_10	-6,4	6,7	0,8	MSU_10	-25,0	18,3	3,0
MSU_11	-8,2	8,8	1,1	MSU_11	-26,7	19,7	2,5
MSU_12	-3,5	6,3	0,2	MSU_12	-19,3	15,6	2,6
MSU_13	-0,5	2,7	-1,7	MSU_13	-15,6	11,4	0,5
MSU_14	0,9	4,0	0,0	MSU_14	-10,0	9,7	1,5
MSU_15	0,4	2,9	0,1	MSU_15	-9,1	8,2	2,6
MSU_16	-3,2	5,1	0,5	MSU_16	-7,0	9,4	2,7
MSU_17				MSU_17			

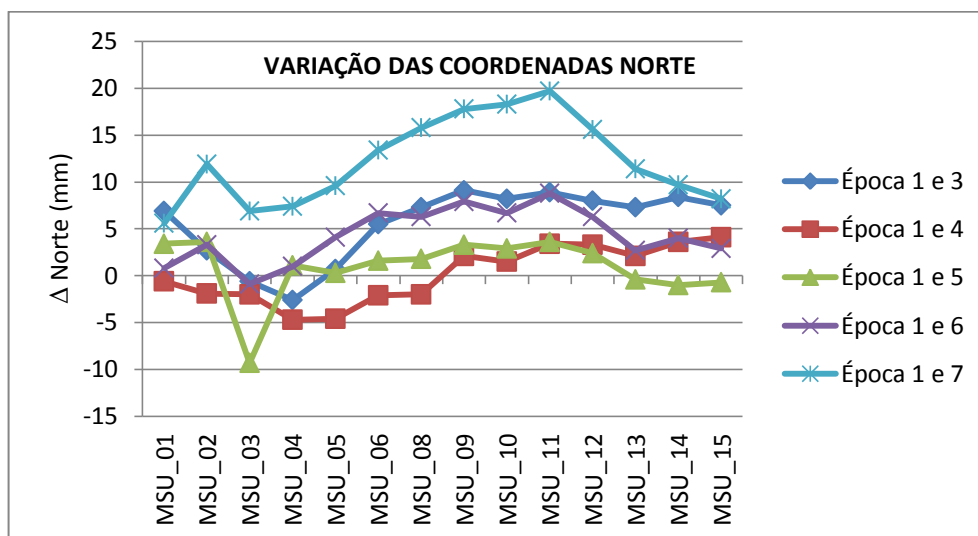
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 60 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS LESTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS A PARTIR DA MÉDIA DE PG01 E PG02



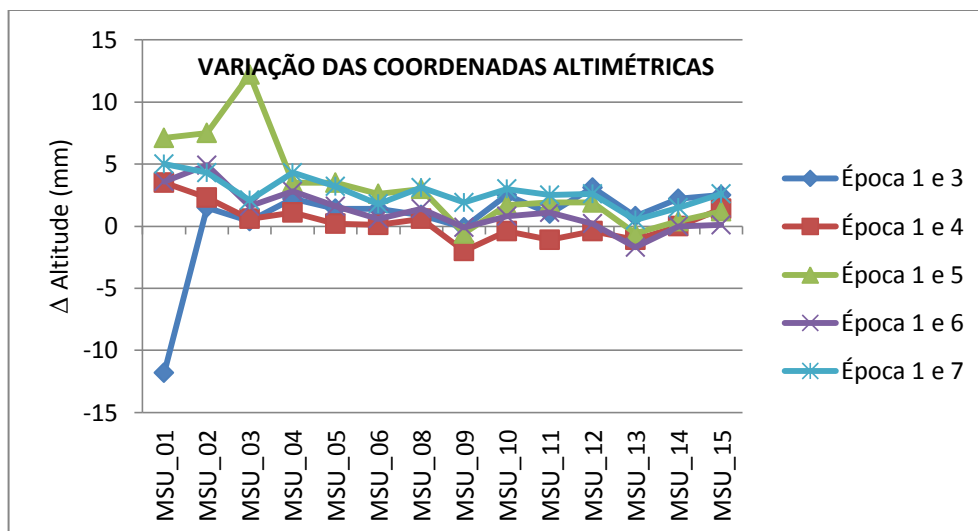
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 61 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS NORTE DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS A PARTIR DA MÉDIA DE PG01 E PG02



FONTE: A autora (2012)

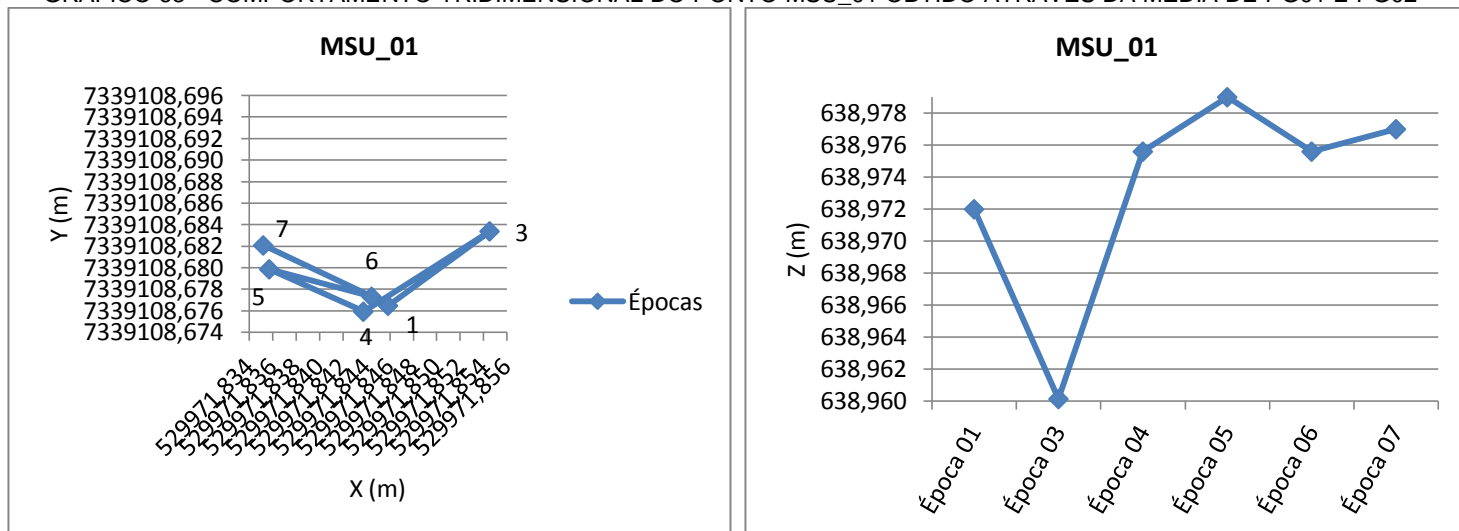
GRÁFICO 62 - VARIAÇÕES DAS COORDENADAS ALTIMÉTRICAS DE TODAS AS ÉPOCAS DE LEVANTAMENTOS OBTIDAS A PARTIR DA MÉDIA DE PG01 E PG02



FONTE: A autora (2012)

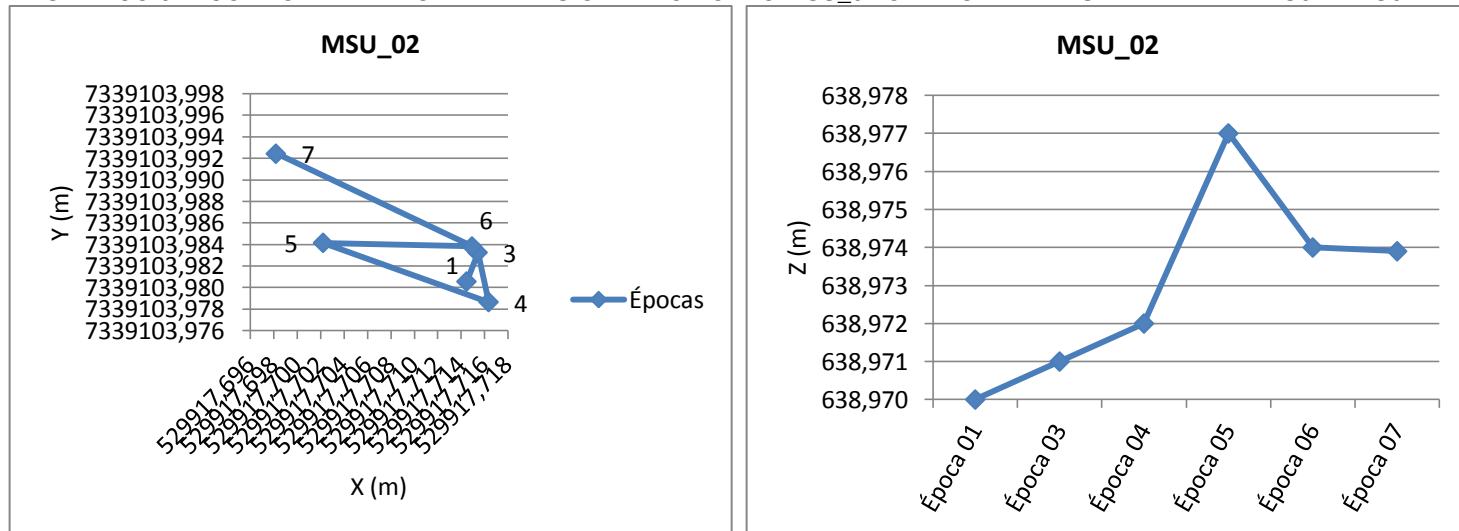
APÊNDICE 09 – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE OBTIDOS PELA MÉDIA DE PG01 E PG02

GRÁFICO 63 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_01 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



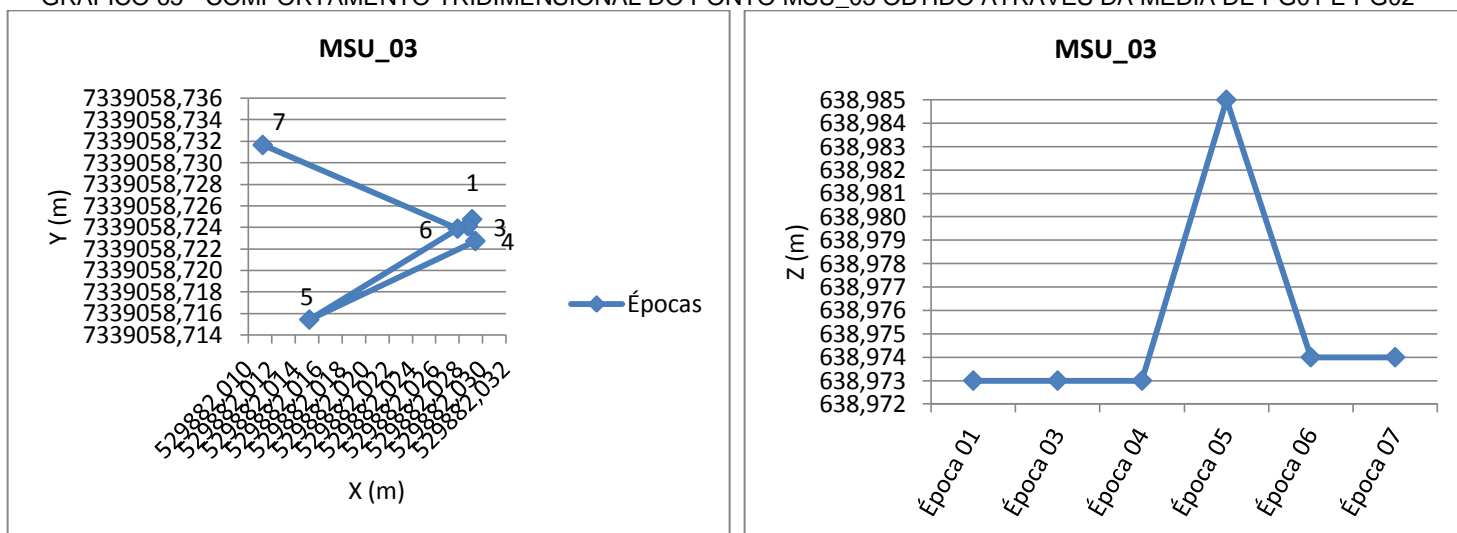
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 64 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_02 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



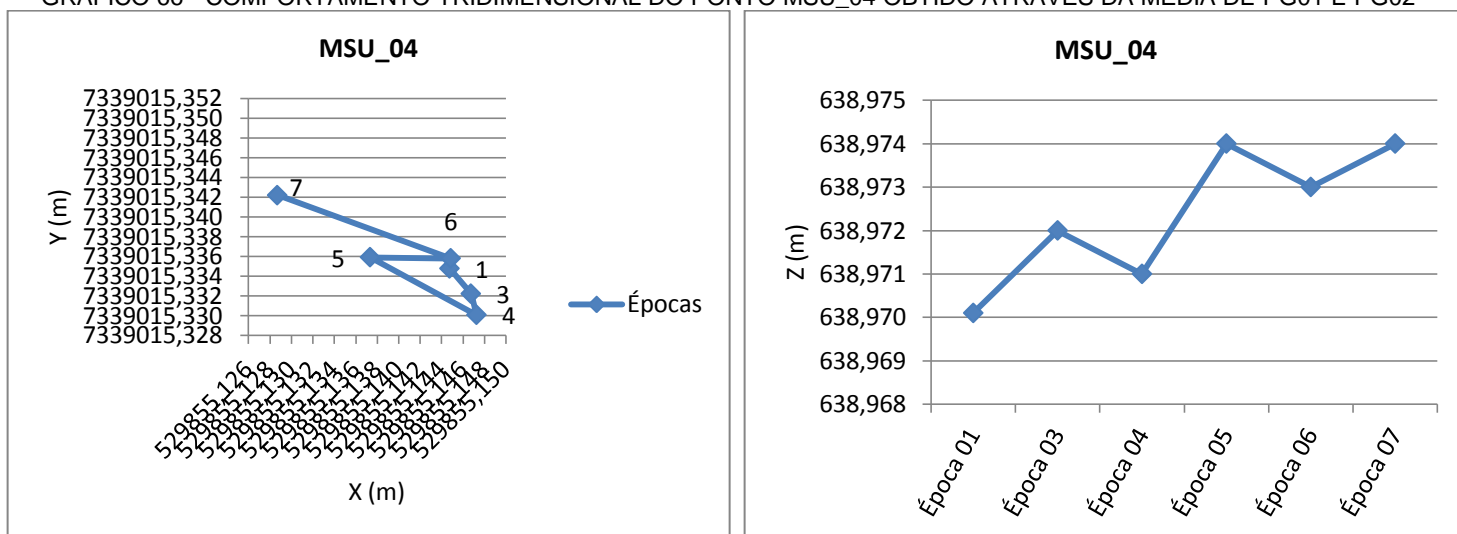
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 65 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_03 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



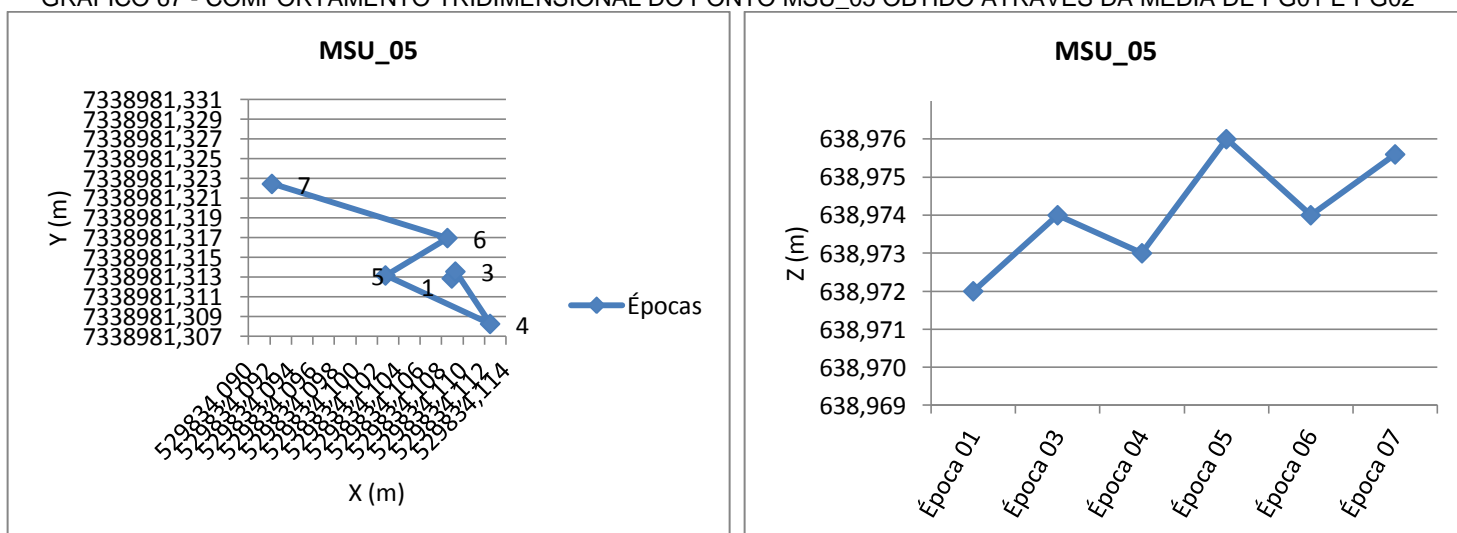
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 66 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_04 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



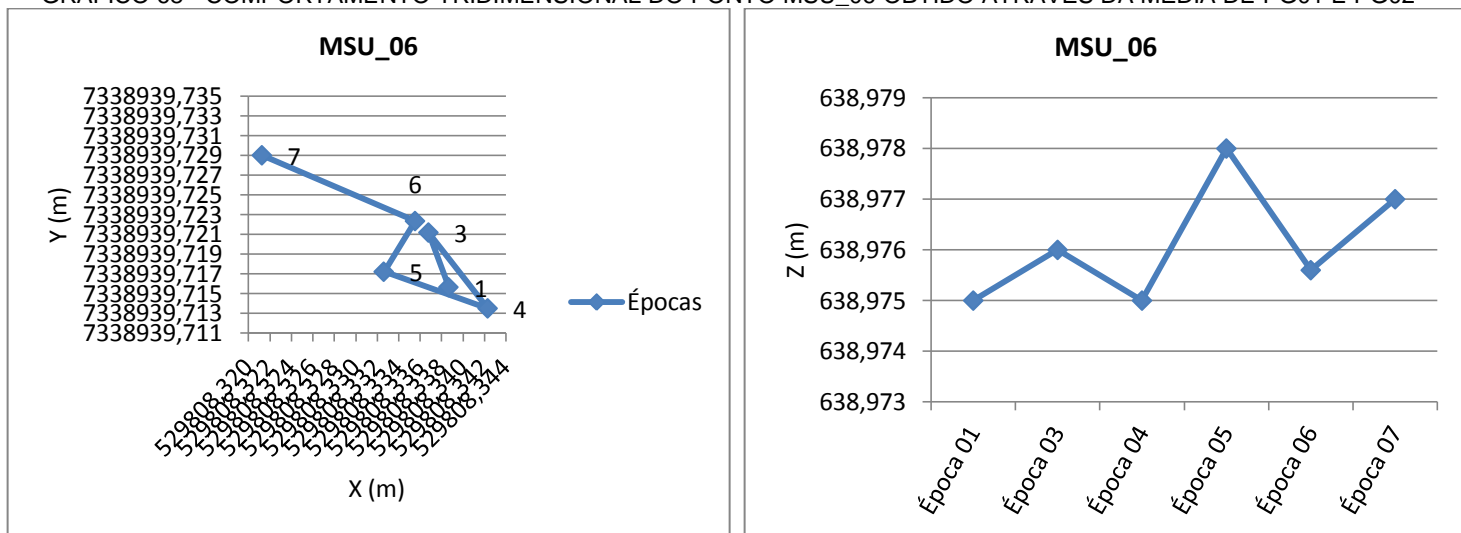
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 67 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_05 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



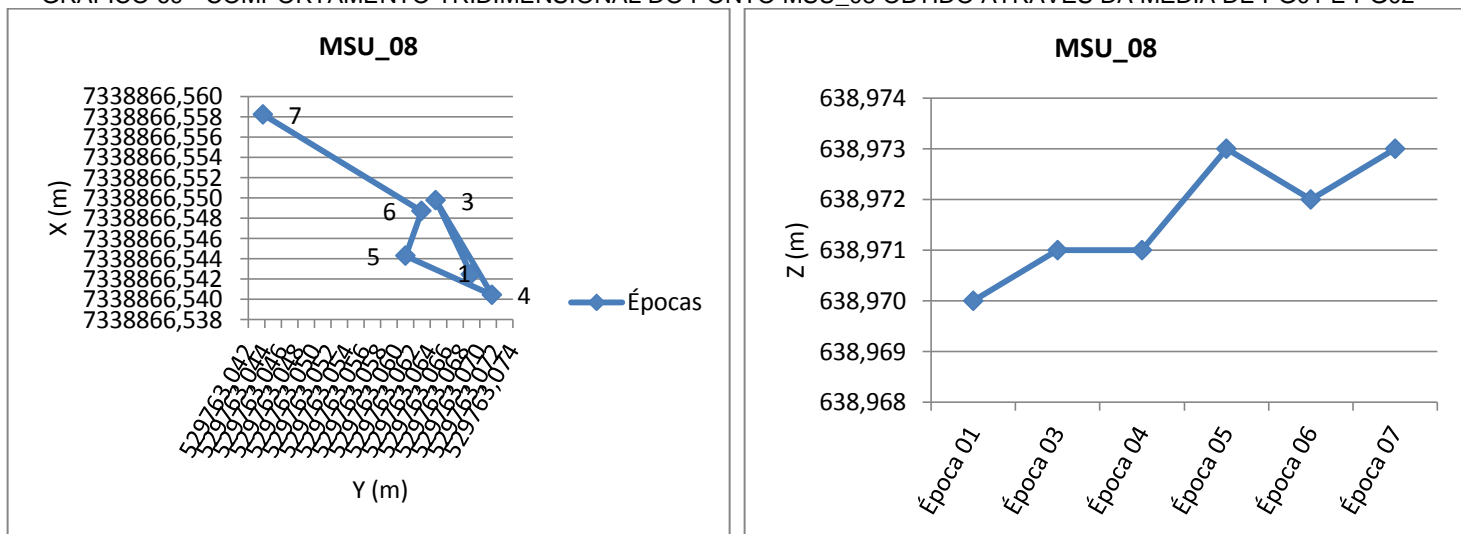
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 68 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_06 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



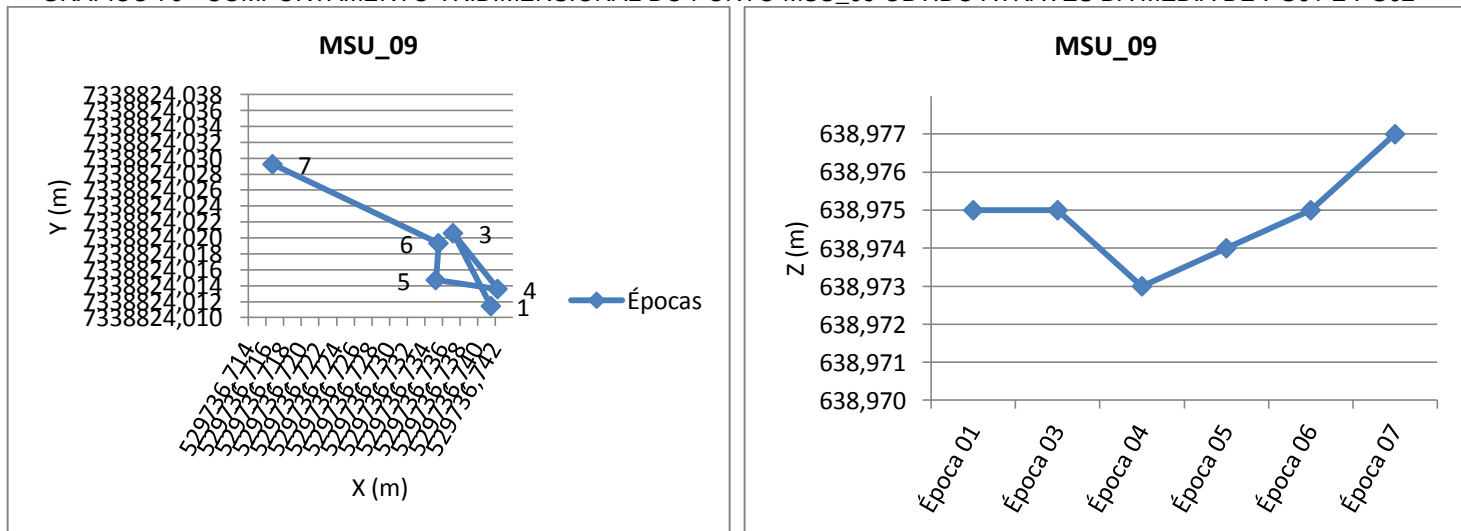
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 69 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_08 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



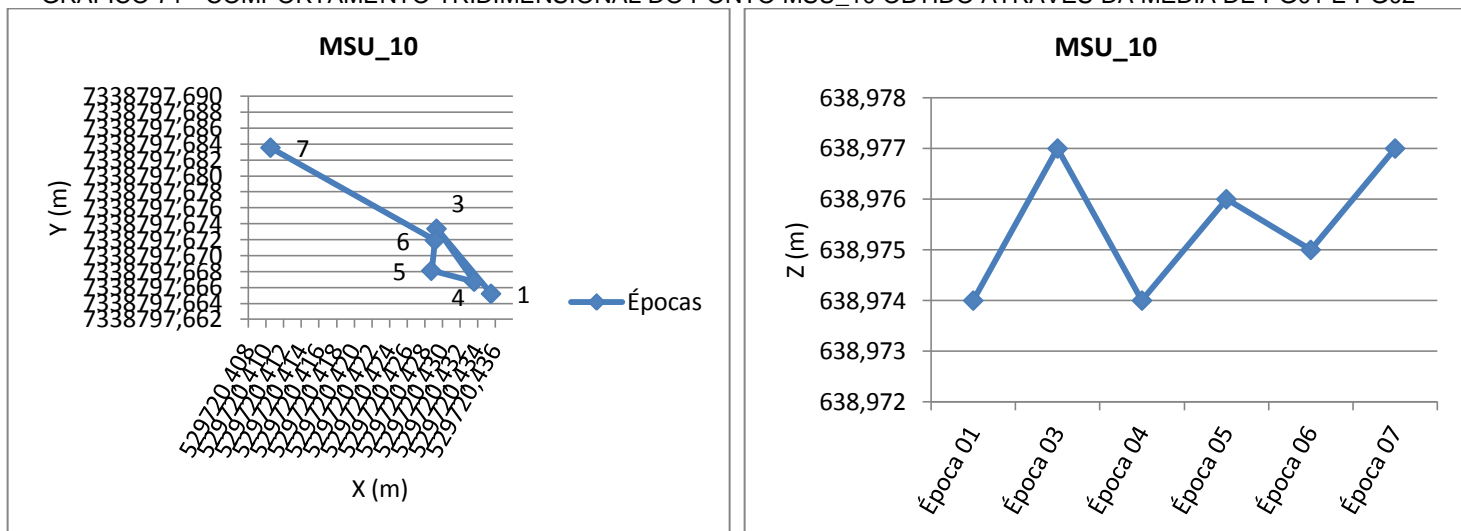
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 70 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_09 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



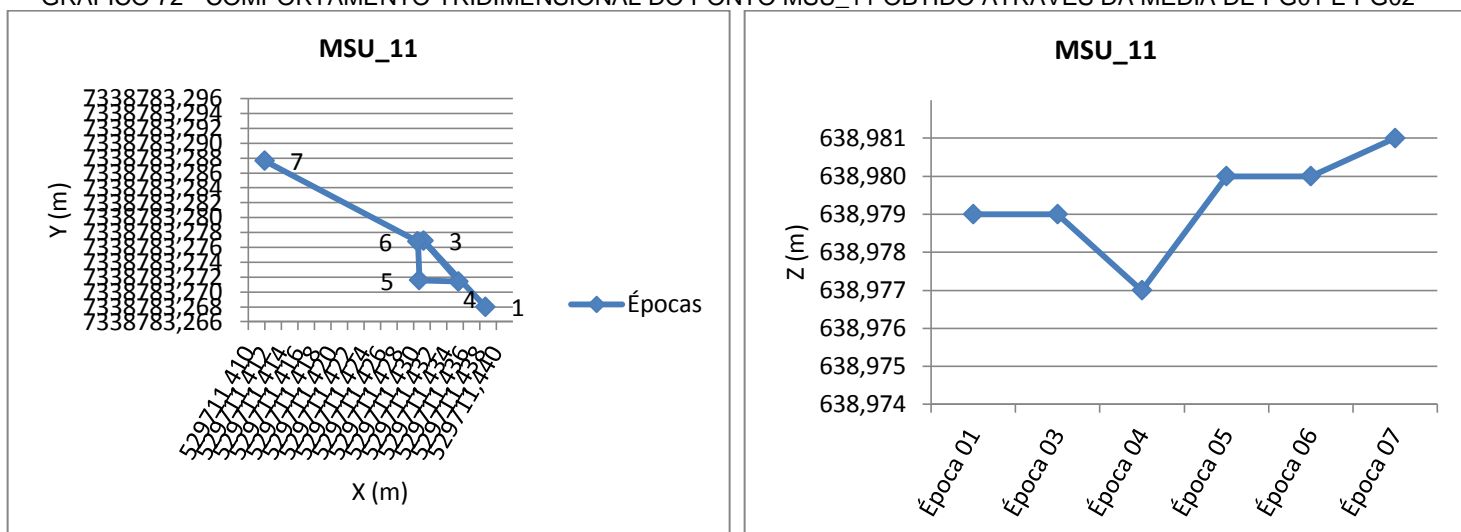
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 71 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_10 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



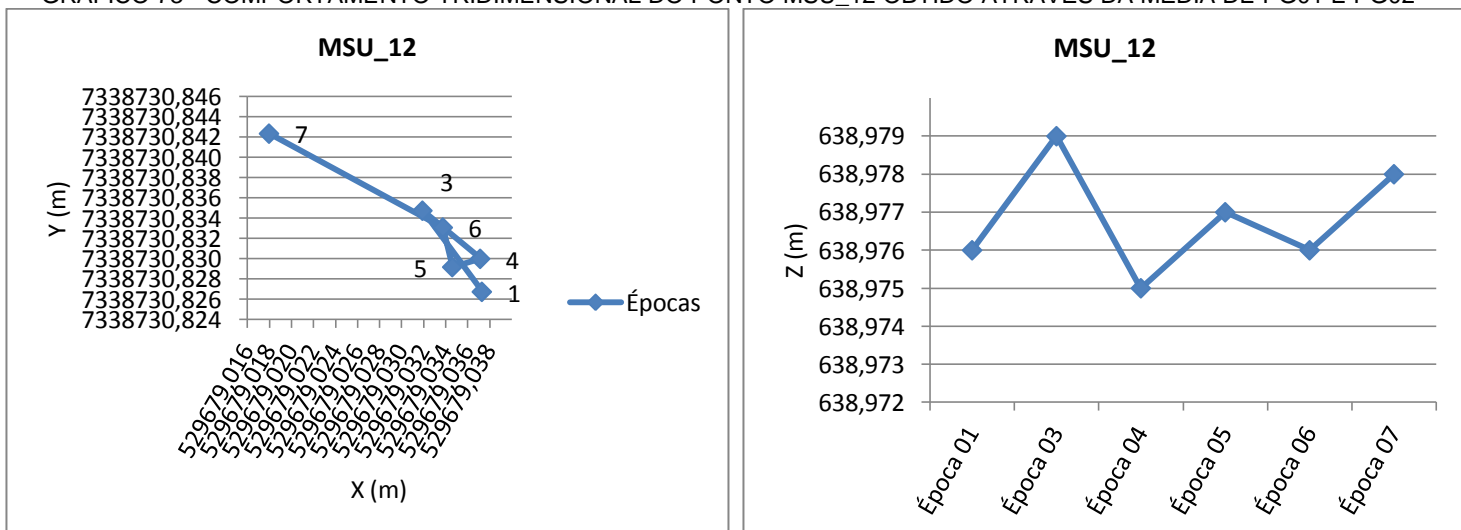
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 72 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_11 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



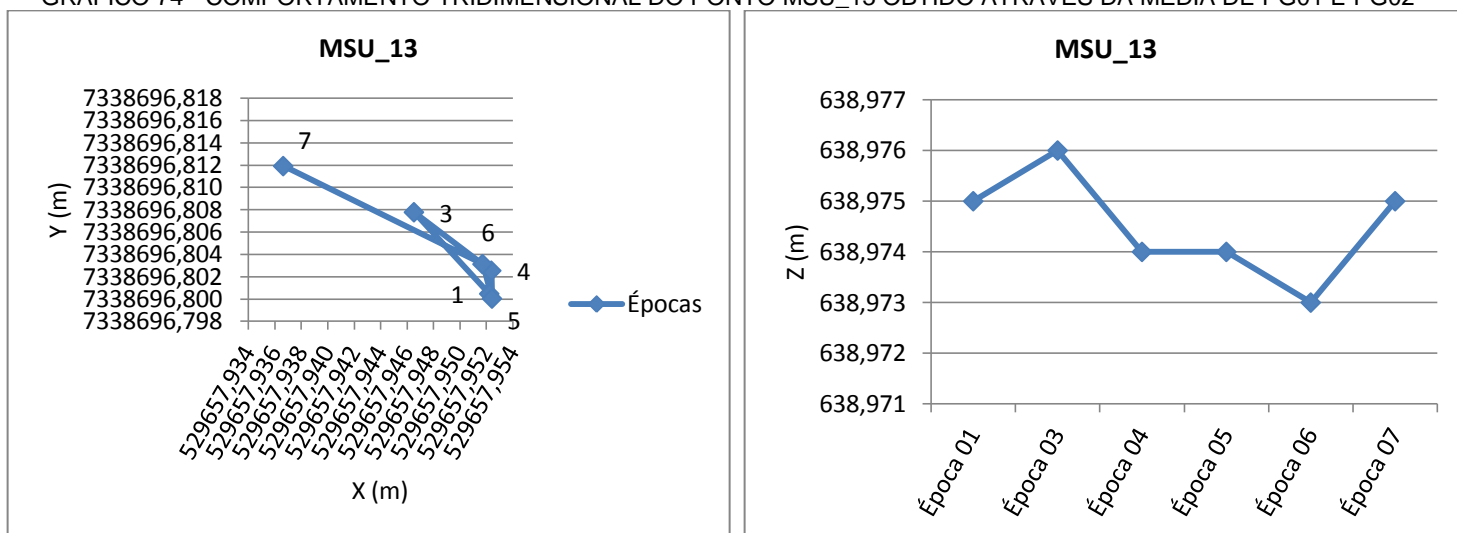
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 73 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_12 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



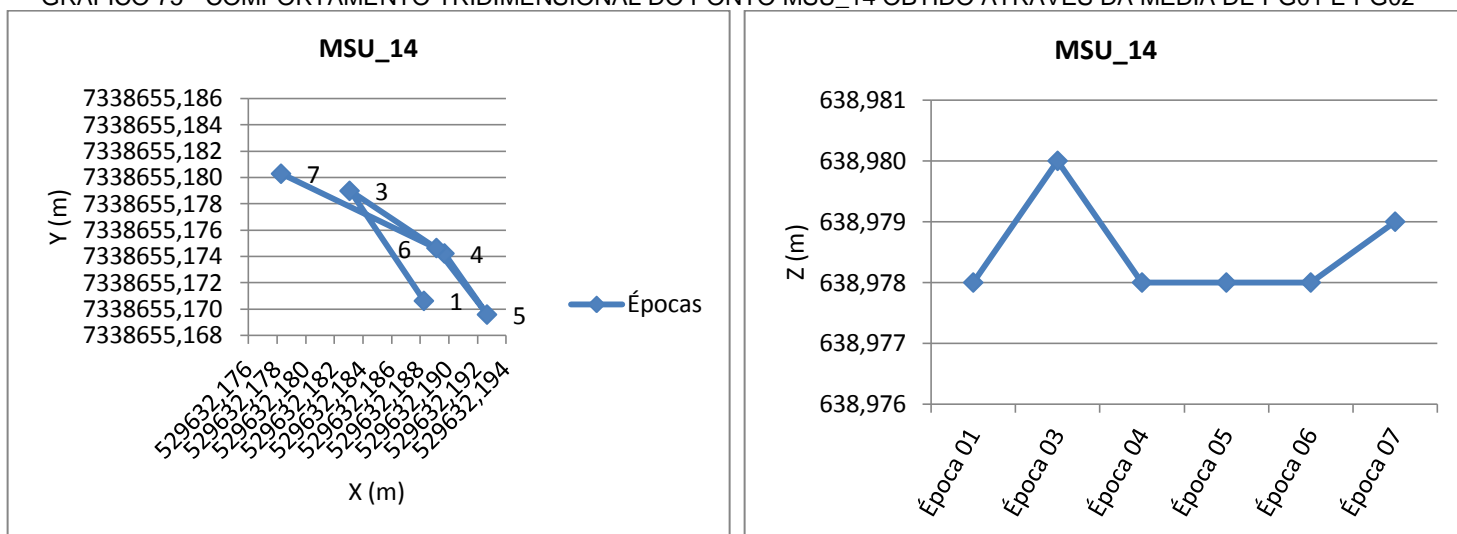
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 74 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_13 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



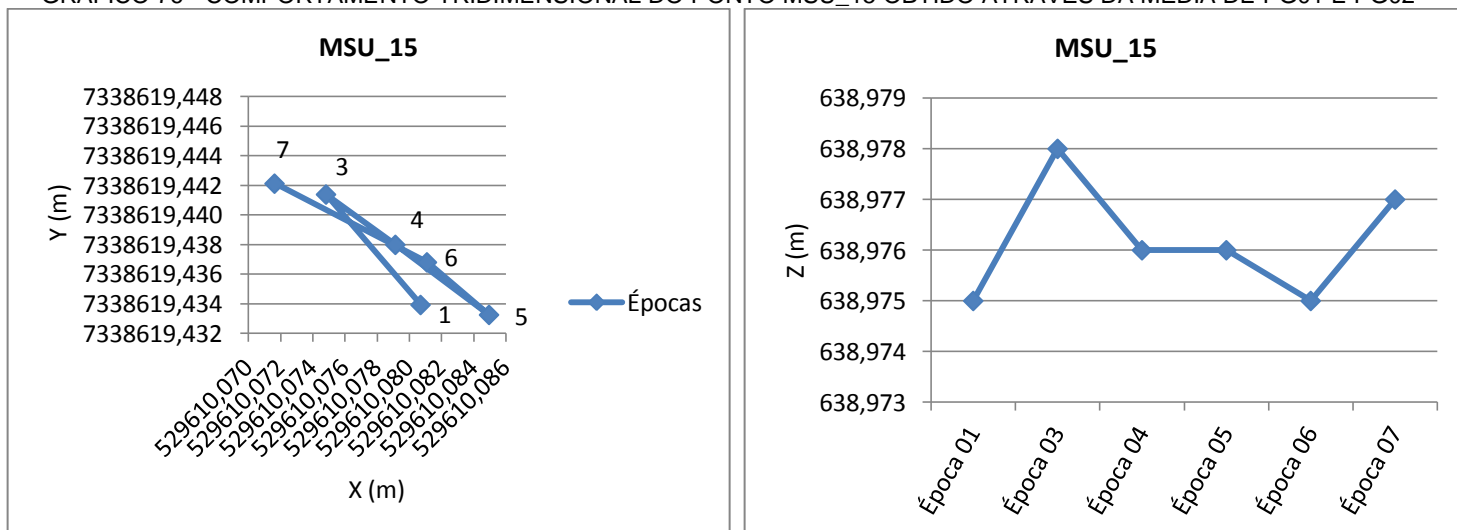
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 75 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_14 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



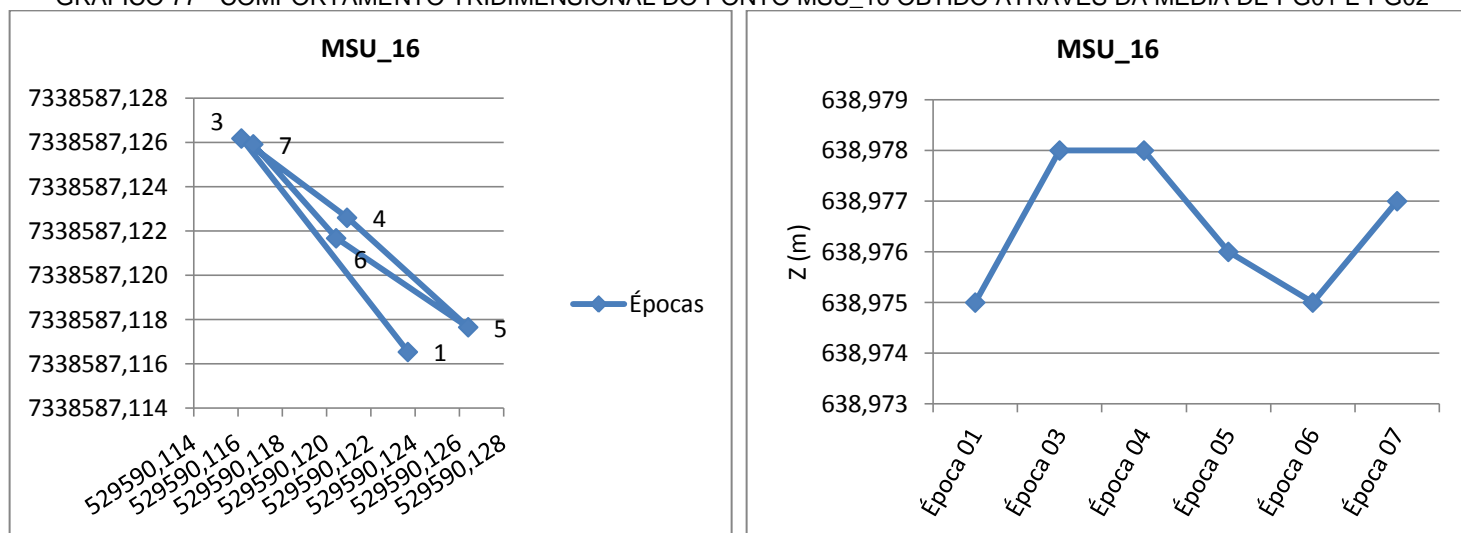
FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 76 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_15 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



FONTE: A autora (2012)

GRÁFICO 77 - COMPORTAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO MSU_16 OBTIDO ATRAVÉS DA MÉDIA DE PG01 E PG02



APÊNDICE 10 – TABELAS COM OS RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS OBTIDAS POR PG01, PG02, PG03 E MÉDIA DE PG01 COM PG02

TABELA 55 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG01 (ÉPOCA 1 E 3 E ÉPOCA 1 E 4)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$				
MSU02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-6,42 2,15	-21,87 2,16	-1,53 2,26	Rejeita Rejeita Aceita
MSU03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,34 2,09	-1,36 2,26	-1,95 2,20	Rejeita Aceita Aceita
MSU04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,41 2,12	0,11 1,96	-0,30 1,96	Aceita Aceita Aceita
MSU05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,19 2,12	-0,19 1,96	-0,39 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MSU06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	11,85 2,05	-0,71 2,31	-0,70 2,31	Rejeita Aceita Aceita
MSU07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	14,86 2,10	-19,05 2,20	-2,04 2,13	Rejeita Rejeita Aceita

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	8,53 2,31	1,88 2,12	-6,74 2,07	Rejeita Aceita Rejeita
MSU02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,27 2,08	2,54 2,18	-0,62 2,23	Rejeita Rejeita Aceita
MSU03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,42 2,13	1,61 2,09	-1,14 2,18	Rejeita Aceita Aceita
MSU04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-4,13 2,11	0,28 1,96	0,24 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MSU05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-6,35 2,12	0,26 1,96	-0,04 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MSU06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,47 2,09	0,07 2,31	0,39 2,31	Rejeita Aceita Aceita
MSU07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-4,33 2,09	1,08 2,20	1,50 2,20	Rejeita Aceita Aceita

conclusão

MSU08	$t_{\text{calculado}}$	17,78	-25,84	-2,81	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU08	$t_{\text{calculado}}$	0,95	-2,81	-1,42	Aceita	Rejeita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,09	2,10	2,13					$t_{\alpha/2}$	2,06	2,16	2,08			
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	26,66	-25,81	0,70	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU09	$t_{\text{calculado}}$	20,16	-27,48	5,57	Rejeita	Rejeita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	1,96					$t_{\alpha/2}$	1,99	1,96	1,96			
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	15,63	-0,98	-3,39	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU10	$t_{\text{calculado}}$	4,98	-0,26	0,28	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,15	2,31	2,15					$t_{\alpha/2}$	2,11	2,31	2,07			
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	21,74	-1,11	-0,86	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU11	$t_{\text{calculado}}$	9,19	-0,46	0,23	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,16	2,31	2,09					$t_{\alpha/2}$	2,11	2,31	2,10			
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	13,82	-0,98	-3,08	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU12	$t_{\text{calculado}}$	4,70	-0,44	0,05	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,10	1,11	2,12					$t_{\alpha/2}$	2,09	2,31	2,18			
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	11,16	-0,90	-0,01	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU13	$t_{\text{calculado}}$	2,34	-0,32	1,01	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,20	2,31	2,20					$t_{\alpha/2}$	2,15	2,31	2,13			
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	13,12	-0,89	-1,24	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU14	$t_{\text{calculado}}$	3,47	-0,36	-0,03	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,12	2,31	2,20					$t_{\alpha/2}$	2,15	2,31	12,11			
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	9,65	-0,84	-1,73	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU15	$t_{\text{calculado}}$	4,77	-0,49	-1,21	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,13	2,31	2,15					$t_{\alpha/2}$	2,09	2,31	2,19			
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	10,98	-0,96	-2,71	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU16	$t_{\text{calculado}}$	3,81	-0,54	-2,84	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,23	2,31	2,06					$t_{\alpha/2}$	2,09	2,31	2,09			
MSU17	$t_{\text{calculado}}$	5,34	-0,78	-4,05	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU17	$t_{\text{calculado}}$	3,11	-0,36	-4,04	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,99	2,31	2,12					$t_{\alpha/2}$	2,10	2,31	2,20			

FONTE: A autora (2012)

TABELA 56 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG01 (ÉPOCA 1 E 5 E ÉPOCA 1 E 6)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5						H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6									
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5						H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6									
Nível de significância: 5%						Nível de significância: $\alpha = 5\%$									
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0						Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0									
PG01	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	PG01	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão				
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão				
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	6,17	5,76	-17,55	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU01	$t_{\text{calculado}}$	-0,58	-14,48	-5,05	Aceita	Rejeita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,01	2,06					$t_{\alpha/2}$	2,11	1,99	1,96			
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	3,19	9,19	-2,04	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU02	$t_{\text{calculado}}$	-5,10	-22,05	-2,49	Rejeita	Rejeita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,02	2,13	2,20					$t_{\alpha/2}$	2,03	2,13	2,23			
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	4,17	7,47	-1,67	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU03	$t_{\text{calculado}}$	1,97	-0,40	-1,62	Aceita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,23	2,13	2,13					$t_{\alpha/2}$	2,01	2,12	2,10			
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	-1,58	0,19	0,29	Aceita	Aceita	Aceita	MSU04	$t_{\text{calculado}}$	2,68	-0,22	0,04	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	1,96	1,96					$t_{\alpha/2}$	2,01	1,96	1,96			
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	-2,80	0,20	-0,09	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU05	$t_{\text{calculado}}$	7,06	-0,56	0,31	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,09	1,96	1,96					$t_{\alpha/2}$	2,02	1,96	1,96			
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	-3,76	0,12	2,17	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU06	$t_{\text{calculado}}$	12,28	-0,82	2,18	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,09	2,31	2,31					$t_{\alpha/2}$	2,02	2,31	2,31			
MSU07	$t_{\text{calculado}}$	-3,29	3,62	0,32	Rejeita	Rejeita	Aceita	MSU07	$t_{\text{calculado}}$	10,35	-15,85	1,30	Rejeita	Rejeita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,02	2,09	2,12					$t_{\alpha/2}$	2,01	2,07	1,96			

continua

conclusão

MSU08	$t_{\text{calculado}}$	2,16	0,20	-1,63	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU08	$t_{\text{calculado}}$	13,47	-20,36	-1,14	Rejeita	Rejeita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,01	2,10					$t_{\alpha/2}$	2,00	2,06	1,98			
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	1,10	-2,76	3,53	Aceita	Rejeita	Rejeita	MSU09	$t_{\text{calculado}}$	18,02	-22,52	2,08	Rejeita	Rejeita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	1,96					$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	1,96			
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	1,84	-0,03	0,79	Aceita	Aceita	Aceita	MSU10	$t_{\text{calculado}}$	12,31	-0,76	0,44	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	2,31	2,02					$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	2,00			
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	5,25	-0,16	-0,38	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU11	$t_{\text{calculado}}$	17,64	-0,91	-0,72	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,07	2,31	2,09					$t_{\alpha/2}$	2,10	2,31	2,07			
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	0,28	-0,10	-0,99	Aceita	Aceita	Aceita	MSU12	$t_{\text{calculado}}$	8,80	-0,68	-0,15	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,07	2,31	2,09					$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	2,02			
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	-2,35	0,11	1,56	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU13	$t_{\text{calculado}}$	2,80	-0,37	1,70	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,09	2,31	2,06					$t_{\alpha/2}$	2,00	1,11	2,04			
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-3,88	0,12	0,46	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU14	$t_{\text{calculado}}$	4,63	-0,46	0,33	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,10	2,31	2,15					$t_{\alpha/2}$	2,02	2,31	2,18			
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-1,82	0,08	-0,01	Aceita	Aceita	Aceita	MSU15	$t_{\text{calculado}}$	3,61	-0,39	0,24	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	2,16					$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	2,06			
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-1,02	-0,07	-0,46	Aceita	Aceita	Aceita	MSU16	$t_{\text{calculado}}$	5,10	-0,51	0,32	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,07	2,31	2,10					$t_{\alpha/2}$	2,10	2,31	1,96			
MSU17	$t_{\text{calculado}}$	-4,88	0,11	-2,53	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU17	$t_{\text{calculado}}$	2,14	-0,28	-2,88	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	2,09					$t_{\alpha/2}$	2,01	2,31	2,03			

FONTE: A autora (2012)

TABELA 57 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG01 (ÉPOCA 1 E 7) E PARA O PILAR PG02 (ÉPOCA 1 E 3)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7						H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7						H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$						Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0						Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	-1,86	-4,96	-12,30	Aceita Rejeita Rejeita	MSU01	$t_{\text{calculado}}$	3,48	0,15	-3,01	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,26	2,01	2,08			$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	2,12	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	-3,93	-20,03	-2,73	Rejeita Rejeita Rejeita	MSU02	$t_{\text{calculado}}$	0,15	1,02	-2,07	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,16	2,06	2,13			$t_{\alpha/2}$	2,23	2,09	2,08	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	6,34	1,05	-3,03	Rejeita Aceita Rejeita	MSU03	$t_{\text{calculado}}$	-0,40	1,22	0,12	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	2,06	2,20			$t_{\alpha/2}$	2,11	2,10	2,04	
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	3,79	0,00	-0,17	Rejeita Aceita Aceita	MSU04	$t_{\text{calculado}}$	-2,97	0,13	-0,80	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	1,96	1,96			$t_{\alpha/2}$	2,13	1,96	1,96	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	9,58	-0,31	-0,29	Rejeita Aceita Aceita	MSU05	$t_{\text{calculado}}$	-2,13	0,13	-0,35	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,26	1,96	1,96			$t_{\alpha/2}$	2,04	1,96	1,96	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	14,16	-0,83	0,00	Rejeita Aceita Rejeita	MSU06	$t_{\text{calculado}}$	-4,61	0,11	-1,93	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	2,31	2,31			$t_{\alpha/2}$	2,09	2,31	2,31	
MSU07	$t_{\text{calculado}}$	20,51	-22,31	-0,45	Rejeita Rejeita Aceita	MSU08	$t_{\text{calculado}}$	-4,77	4,49	0,47	Rejeita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,09	2,18			$t_{\alpha/2}$	2,09	2,15	2,15	

continua

MSU08	$t_{\text{calculado}}$	27,60	-26,43	-2,61	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU09	$t_{\text{calculado}}$	-5,60	2,13	-0,20	Rejeita	Rejeita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,09	2,06	2,05					$t_{\alpha/2}$	2,20	2,08	1,99			
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	52,94	-29,21	-2,30	Rejeita	Rejeita	Rejeita	MSU10	$t_{\text{calculado}}$	-3,20	2,40	-3,40	Rejeita	Rejeita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	1,96					$t_{\alpha/2}$	2,18	2,07	2,02			
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	23,96	-1,30	-2,20	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU11	$t_{\text{calculado}}$	-6,59	0,15	-1,15	Rejeita	Aceita	Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,15	2,31	2,06					$t_{\alpha/2}$	2,18	2,31	2,07			
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	29,57	-1,46	-2,64	Rejeita	Aceita	Rejeita	MSU12	$t_{\text{calculado}}$	-5,96	0,12	-6,95	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,13	2,31	2,07					$t_{\alpha/2}$	2,23	2,31	2,06			
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	15,68	-1,16	-1,41	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU13	$t_{\text{calculado}}$	-5,18	0,11	-5,25	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	2,00					$t_{\alpha/2}$	2,26	2,31	2,09			
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	10,89	-0,90	0,79	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-11,48	-0,01	-4,96	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,18	2,31	2,12					$t_{\alpha/2}$	2,18	2,31	2,06			
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	9,66	-0,83	-0,23	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-14,16	0,04	-6,36	Rejeita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	2,11					$t_{\alpha/2}$	2,11	2,31	2,18			
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	7,96	-0,85	-1,83	Rejeita	Aceita	Aceita	MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-1,86	-0,08	-10,00	Aceita	Aceita	Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	2,18					$t_{\alpha/2}$	2,12	2,31	2,23			
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	6,92	-0,94	-2,15	Rejeita	Aceita	Rejeita								
	$t_{\alpha/2}$	2,01	2,31	2,06											
MSU17	$t_{\text{calculado}}$	4,57	-0,63	-2,52	Rejeita	Aceita	Rejeita								
	$t_{\alpha/2}$	2,01	2,31	2,06											

FONTE: A autora (2012)

conclusão

TABELA 58 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG02 (ÉPOCA 1 E 4 E ÉPOCA 1 E 5)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	2,22	0,92	-3,74	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	2,15	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	-1,81	1,93	-3,77	Aceita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,15	2,11	2,07	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	-0,96	2,33	-0,44	Aceita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,10	2,12	
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	-2,16	0,18	-0,81	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	1,96	1,96	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	-3,49	0,19	-0,04	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	1,96	1,96	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	-5,07	0,16	-0,34	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,99	2,31	2,31	
MSU08	$t_{\text{calculado}}$	-6,83	6,12	0,08	Rejeita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,16	2,15	2,10	
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	-4,39	1,79	2,05	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,13	2,15	2,09	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	-1,31	2,57	0,86	Aceita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,09	2,12	2,06	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	-3,30	0,10	2,57	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,15	2,31	2,09	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	-6,67	0,09	1,60	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,26	2,31	2,02	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	-5,40	0,09	1,30	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,13	2,31	1,98	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-15,16	-0,03	0,29	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,18	2,31	2,03	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-16,96	0,05	-1,74	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	2,05	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-3,20	-0,11	-11,21	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,07	2,31	2,15	

FONTE: A autora (2012)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	17,77	-5,81	-5,06	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	2,01	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	10,62	-6,58	-5,00	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,00	2,11	1,96	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$				
	$t_{\alpha/2}$				
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	12,81	-0,30	-2,07	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,18	1,96	1,96	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	11,14	-0,23	-1,69	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,01	1,96	1,96	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	14,20	-0,29	-5,42	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,00	2,31	2,31	
MSU08	$t_{\text{calculado}}$	10,87	-3,12	-3,09	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,00	2,03	2,00	
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	10,38	-4,63	-0,74	Rejeita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,07	2,02	1,96	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	9,54	-6,22	-3,89	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,00	2,05	1,96	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	15,59	-0,23	-2,25	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	1,96	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	5,25	-0,16	-2,89	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	1,96	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	3,87	-0,06	-1,50	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	2,31	1,96	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-9,63	-0,01	-1,39	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,31	2,31	1,96	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-11,95	-0,01	-1,99	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	2,31	1,96	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-10,12	-0,05	-5,47	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	2,31	1,96	

TABELA 59 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG02 (ÉPOCA 1 E 6 E ÉPOCA 1 E 7)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	2,59	0,86	-3,02	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	2,08	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	0,67	0,46	-4,06	Aceita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,05	1,96	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	0,78	1,23	-1,62	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,99	2,06	2,15	
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	-1,10	0,12	-1,48	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,02	1,96	1,96	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	-3,09	0,16	-1,14	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,02	1,96	1,96	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	-1,58	0,09	-2,19	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	2,31	2,31	
MSU8	$t_{\text{calculado}}$	-1,27	3,27	-1,02	Aceita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,00	2,04	2,02	
MSU9	$t_{\text{calculado}}$	-2,59	1,94	-0,82	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,15	2,06	2,00	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	-0,74	0,73	-3,10	Aceita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,01	2,04	2,01	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	-0,14	-0,04	-1,81	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,10	2,31	2,11	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	-3,93	0,00	-0,27	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	2,31	1,99	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	-6,77	0,09	0,09	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,10	2,31	2,00	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-16,16	0,03	-1,39	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	2,00	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-24,35	0,08	-1,82	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	2,31	2,12	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-8,93	-0,04	-5,87	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,20	2,31	2,01	

FONTE: A autora (2012)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	24,10	-9,50	-4,51	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	1,96	2,07	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	23,87	-9,01	-6,35	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,16	2,04	2,07	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	24,26	-8,56	-1,61	Rejeita Rejeita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,11	2,04	2,06	
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	19,54	-0,72	-2,02	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	1,96	1,96	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	31,13	-0,62	-1,33	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,13	1,96	1,96	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	30,49	-0,61	-2,96	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,02	2,31	2,31	
MSU8	$t_{\text{calculado}}$	35,13	-9,14	-4,17	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,16	2,06	2,20	
MSU9	$t_{\text{calculado}}$	27,82	-12,53	-3,09	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,15	2,07	2,10	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	35,41	-14,49	-6,21	Rejeita Rejeita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,20	2,04	2,03	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	42,98	-0,66	-2,94	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,12	2,31	2,23	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	24,63	-0,52	-6,71	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,20	2,31	2,02	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	24,22	-0,33	-8,55	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,08	2,31	2,15	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	16,13	-0,21	-6,17	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,23	2,31	2,04	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	14,00	-0,04	-5,77	Rejeita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,08	2,31	2,07	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-1,34	-0,07	-9,94	Aceita Aceita Rejeita
	$t_{\alpha/2}$	2,06	2,31	2,06	

Utilizou-se como referência para os pontos MGE_01, MGE_02 e MGE_14 no teste para a comparação de duas médias, os dados obtidos na segunda campanha de levantamento obtidos através do pilar PG03.

TABELA 60 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG03 (ÉPOCA 1 E 2 E ÉPOCA 1 E 3)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 2						H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 2						H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$						Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0						Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG03	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	PG03	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MGE01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$					MGE01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	15,70 2,00	0,11 2,15	-1,61 2,06	Rejeita Aceita Aceita
MGE02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$					MGE02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	17,59 2,09	2,62 2,12	-0,81 1,96	Rejeita Rejeita Aceita
MGE03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-4,02 2,06	0,07 2,04	1,37 2,05	Rejeita Aceita Aceita	MGE03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,45 2,05	0,88 2,15	0,32 2,13	Aceita Aceita Aceita
MGE04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-20,43 2,03	-0,90 2,01	0,42 2,15	Rejeita Aceita Aceita	MGE04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,91 2,03	0,01 2,31	-1,03 2,15	Rejeita Aceita Aceita
MGE05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,39 2,31	-0,19 2,31	-0,16 2,31	Rejeita Aceita Aceita	MGE05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,22 2,31	-0,07 2,31	-0,25 2,31	Aceita Aceita Aceita
MGE06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-21,00 1,99	-0,05 1,96	-0,02 1,96	Rejeita Aceita Aceita	MGE06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	7,77 2,04	0,02 1,96	-0,11 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-15,23 1,99	-0,05 1,96	-0,23 1,96	Rejeita Aceita Aceita	MGE07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	5,68 2,00	0,04 1,96	0,03 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	16,34 2,09	0,40 2,31	1,03 2,31	Rejeita Aceita Aceita	MGE08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,27 2,15	0,05 2,31	0,13 2,31	Rejeita Aceita Aceita
MGE09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	11,05 2,01	9,44 2,04	0,36 2,13	Rejeita Rejeita Aceita	MGE09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,19 2,02	2,39 2,07	-0,39 2,10	Aceita Rejeita Aceita
MGE010	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-1,54 2,26	3,11 2,12	1,36 2,18	Rejeita Rejeita Aceita	MGE010	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,04 2,20	3,07 1,99	0,30 2,12	Aceita Rejeita Aceita
MGE011	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-10,30 2,18	10,34 2,12	-0,04 2,03	Rejeita Rejeita Aceita	MGE011	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,20 2,16	0,80 2,01	-3,06 2,09	Aceita Aceita Rejeita
MGE012	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-7,97 2,05	-0,33 2,31	0,31 2,06	Rejeita Aceita Aceita	MGE012	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,35 2,15	0,10 2,31	-0,79 2,05	Aceita Aceita Aceita
MGE013	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,76 2,05	0,17 2,31	2,38 2,00	Aceita Aceita Rejeita	MGE013	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,42 2,16	0,22 2,31	0,71 2,01	Rejeita Aceita Aceita
MGE014	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$					MGE014	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	26,75 1,98	24,96 2,00	-4,81 2,01	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE015	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-4,54 2,09	-0,18 2,31	0,91 2,16	Rejeita Aceita Aceita	MGE015	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,12 2,15	0,12 2,31	-2,53 2,20	Aceita Aceita Rejeita
MGE016	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-7,94 2,05	-0,30 2,31	-1,12 2,02	Rejeita Aceita Aceita	MGE016	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,83 2,11	0,08 2,31	-3,80 2,06	Aceita Aceita Rejeita
MGE017	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,93 2,00	-0,06 2,31	2,33 1,96	Rejeita Aceita Rejeita	MGE017	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,91 2,09	0,11 2,31	-1,56 2,00	Aceita Aceita Aceita
PGG01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-1,52 2,06	-0,01 2,31	1,54 2,10	Rejeita Aceita Aceita	PGG01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$				

FONTE: A autora (2012)

TABELA 61 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG03 (ÉPOCA 1 E 4 E ÉPOCA 1 E 5)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG03	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MGE01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	16,96 2,02	0,37 2,05	0,30 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	20,80 2,11	2,92 2,08	4,02 1,96	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	7,14 2,05	1,50 2,06	1,48 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,27 1,98	-1,00 2,06	-1,17 1,96	Aceita Aceita Aceita
MGE05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,27 2,31	-0,20 2,31	-0,53 2,26	Aceita Aceita Aceita
MGE06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,41 1,96	-0,01 1,96	-0,32 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	7,10 1,96	0,01 1,96	-0,29 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	5,23 2,06	0,08 2,31	2,37 2,31	Rejeita Aceita Rejeita
MGE09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,42 2,03	2,09 2,08	0,60 1,96	Rejeita Rejeita Aceita
MGE010	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,23 2,15	2,39 2,01	0,61 1,96	Aceita Rejeita Aceita
MGE011	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,52 2,07	-1,97 2,06	-1,14 1,96	Aceita Aceita Aceita
MGE012	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,58 2,05	0,16 2,31	0,02 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE013	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,41 2,15	0,27 2,31	-0,37 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE014	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	14,93 1,96	17,85 1,96	-0,39 1,96	Rejeita Rejeita Aceita
MGE015	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,51 2,11	0,16 2,31	-1,22 2,04	Rejeita Aceita Aceita
MGE016	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,13 2,11	0,03 2,31	-0,13 1,98	Aceita Aceita Aceita
MGE017	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,41 2,02	0,00 2,31	3,31 1,99	Aceita Aceita Rejeita
PGG01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,83 2,31	0,19 2,31	1,78 2,09	Aceita Aceita Aceita

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG03	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MGE01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,90 1,98	-0,41 2,01	1,35 2,00	Aceita Aceita Aceita
MGE02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,38 1,99	-1,59 1,96	7,16 1,96	Aceita Aceita Rejeita
MGE03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,49 2,02	-2,28 1,99	6,78 1,98	Aceita Rejeita Rejeita
MGE04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,08 1,96	-1,13 1,96	3,06 2,00	Rejeita Aceita Rejeita
MGE05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,22 2,31	-0,40 2,26	0,53 2,31	Aceita Aceita Aceita
MGE06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-10,54 1,96	-0,09 1,96	0,71 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-8,89 1,96	-0,16 1,96	0,31 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	16,65 2,01	0,33 2,31	4,63 2,31	Rejeita Aceita Rejeita
MGE09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	11,42 1,98	7,38 2,02	4,61 2,04	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE010	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	1,35 2,05	1,46 1,96	3,91 2,09	Aceita Aceita Rejeita
MGE011	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-7,24 2,02	-8,20 1,99	4,08 2,01	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE012	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,09 2,07	-0,30 2,31	4,91 2,09	Rejeita Aceita Rejeita
MGE013	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,01 2,09	0,22 2,31	3,94 1,99	Aceita Aceita Rejeita
MGE014	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,13 1,96	2,63 1,96	2,83 1,96	Aceita Rejeita Rejeita
MGE015	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,33 2,02	-0,08 2,31	2,47 2,02	Rejeita Aceita Rejeita
MGE016	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,61 2,13	-0,30 2,31	3,04 1,96	Rejeita Aceita Rejeita
MGE017	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,03 2,05	-0,08 2,31	3,02 1,99	Aceita Aceita Rejeita
PGG01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,62 2,18	-0,05 2,31	1,60 2,05	Rejeita Aceita Aceita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 62 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA O PILAR PG03 (ÉPOCA 1 E 6 E ÉPOCA 1 E 7)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6						H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$						Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0						Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG03	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	PG03	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão	Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MGE01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-1,76 1,98	-1,20 2,07	2,85 2,02	Aceita Aceita Rejeita	MGE01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	8,92 2,07	-0,80 2,00	5,54 2,02	Rejeita Aceita Rejeita
MGE02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-5,11 2,06	-5,42 2,07	9,17 2,00	Rejeita Rejeita Rejeita	MGE02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	8,57 2,12	-5,17 2,02	6,08 1,96	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,28 2,12	-8,88 2,06	6,82 2,02	Rejeita Rejeita Rejeita	MGE03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-4,01 2,04	-12,17 2,02	6,83 2,00	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-20,66 2,00	-3,42 2,07	2,00 2,03	Rejeita Rejeita Aceita	MGE04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-5,27 1,98	-2,79 2,31	3,85 1,98	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,79 2,31	-0,54 2,31	0,40 2,31	Rejeita Aceita Aceita	MGE05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,66 2,31	-0,44 2,31	0,53 2,31	Aceita Aceita Aceita
MGE06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-39,14 2,10	-0,11 1,96	0,81 1,96	Rejeita Aceita Aceita	MGE06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,41 2,00	-0,09 1,96	0,74 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-27,31 2,02	-0,25 1,96	0,44 1,96	Rejeita Aceita Aceita	MGE07	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-5,06 1,96	-0,23 1,96	0,68 1,96	Rejeita Aceita Aceita
MGE08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	19,64 2,07	0,25 2,31	5,57 2,31	Rejeita Aceita Rejeita	MGE08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	4,81 2,01	-0,22 2,31	6,38 2,31	Rejeita Aceita Rejeita
MGE09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	16,62 2,00	11,01 2,12	5,43 2,04	Rejeita Rejeita Rejeita	MGE09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	11,50 2,01	-4,09 2,04	5,14 2,09	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE010	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,91 2,10	5,17 2,07	7,05 2,23	Rejeita Rejeita Rejeita	MGE010	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	5,97 2,18	-4,09 1,98	5,05 2,10	Rejeita Rejeita Rejeita
MGE011	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-6,88 2,18	10,35 2,06	3,09 2,01	Rejeita Rejeita Rejeita	MGE011	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,61 2,11	-8,84 2,06	4,30 2,04	Aceita Rejeita Rejeita
MGE012	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,93 2,08	-0,41 2,31	5,19 2,09	Rejeita Aceita Rejeita	MGE012	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,38 2,04	-0,27 2,31	2,96 2,00	Rejeita Aceita Rejeita
MGE013	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-1,67 2,12	0,02 2,31	5,14 2,09	Aceita Aceita Rejeita	MGE013	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-5,36 2,26	-0,29 2,31	2,50 2,02	Rejeita Aceita Rejeita
MGE014	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,25 1,96	-6,57 1,96	2,91 1,96	Rejeita Rejeita Rejeita	MGE014	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	3,18 1,96	0,58 1,96	4,71 1,96	Rejeita Aceita Rejeita
MGE015	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-6,73 2,06	-0,31 2,31	1,30 2,06	Rejeita Aceita Aceita	MGE015	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-5,99 2,18	-0,26 2,31	2,93 2,16	Rejeita Aceita Rejeita
MGE016	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-9,35 2,12	-0,36 2,31	2,28 2,02	Rejeita Aceita Rejeita	MGE016	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-2,35 2,05	-0,21 2,31	3,80 2,04	Rejeita Aceita Rejeita
MGE017	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	2,17 2,08	-0,02 2,31	4,66 1,98	Rejeita Aceita Rejeita	MGE017	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	7,04 2,09	-0,02 2,31	8,88 2,04	Rejeita Aceita Rejeita
PGG01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,24 2,26	-0,35 2,31	5,87 2,11	Rejeita Aceita Rejeita	PGG01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-3,91 2,07	-0,29 2,31	5,74 2,06	Rejeita Aceita Rejeita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 63 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA A MÉDIA ENTRE OS PILARES PG01 E PG02 (ÉPOCA 1 E 3 E ÉPOCA 1 E 4)

H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 3					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01 PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$				
MSU02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,05 3,18	-0,30 12,71	-0,07 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,02 2,57	0,08 3,18	-0,03 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,11 2,57	0,28 2,78	-0,14 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,02 2,45	-0,07 4,30	-0,11 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,11 2,18	-0,50 12,71	-0,16 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,25 2,04	-0,39 12,71	-0,26 2,09	Aceita Aceita Aceita
MSU09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,26 2,00	-0,67 12,71	0,12 4,30	Aceita Aceita Aceita
MSU10	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,39 1,05	-0,62 12,71	-1,81 1,39	Aceita Aceita Aceita
MSU11	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,45 1,96	-0,65 12,71	-0,33 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU12	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,37 1,96	-0,39 12,71	-0,10 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU13	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,39 2,01	-0,44 12,71	-0,21 2,57	Aceita Aceita Aceita
MSU14	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,53 1,96	-0,39 12,71	-0,18 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU15	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,53 1,96	-0,39 12,71	-0,18 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU16	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,74 1,96	-0,50 12,71	-0,17 3,18	Aceita Aceita Aceita

H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 4					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01 PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,13 2,78	0,06 2,78	-0,16 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU02	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,10 2,78	0,17 3,18	-0,11 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU03	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,01 2,57	0,25 3,18	-0,04 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU04	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,15 2,78	0,47 2,57	-0,08 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU05	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,23 2,78	0,36 2,57	-0,01 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU06	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,25 2,45	0,15 3,18	-0,01 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU08	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,21 2,23	0,10 12,71	-0,20 2,26	Aceita Aceita Aceita
MSU09	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,07 2,16	-0,13 4,30	2,90 12,71	Aceita Aceita Aceita
MSU10	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,18 2,20	-0,09 4,30	0,24 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU11	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,30 2,04	-0,21 4,30	0,48 4,30	Aceita Aceita Aceita
MSU12	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,01 2,04	-0,16 12,71	0,06 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU13	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,01 2,18	-0,10 12,71	0,14 2,57	Aceita Aceita Aceita
MSU14	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	-0,17 1,96	-0,17 12,71	0,00 2,78	Aceita Aceita Aceita
MSU15	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,20 1,96	-0,20 12,71	-0,10 3,18	Aceita Aceita Aceita
MSU16	$t_{\text{calculado}}$ $t_{\alpha/2}$	0,47 2,00	-0,29 12,71	-0,18 3,18	Aceita Aceita Aceita

FONTE: A autora (2012)

TABELA 64 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA A MÉDIA ENTRE OS PILARES PG01 E PG02 (ÉPOCA 1 E 5 E ÉPOCA 1 E 6)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 5					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01 PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	0,84	-0,25	-0,34	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,16	4,30	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	0,94	-0,21	-0,42	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,10	4,30	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$				
	$t_{\alpha/2}$				
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	0,62	-0,09	-0,27	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,11	4,30	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	0,55	-0,02	-0,33	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,23	4,30	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	0,64	-0,07	-0,33	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,07	4,30	
MSU08	$t_{\text{calculado}}$	1,12	-0,08	-1,84	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	3,18	12,71	
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	1,09	-0,16	0,45	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,57	2,08	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	1,11	-0,15	-0,45	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,45	1,96	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	1,64	-0,18	-0,46	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,78	2,13	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	0,57	-0,11	-0,26	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	4,30	2,57	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	-0,03	0,02	0,07	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	4,30	2,26	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-1,35	0,05	-0,03	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	3,18	4,30	2,45	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-1,49	0,03	-0,08	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,16	4,30	2,57	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	-0,75	-0,05	-0,08	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,23	4,30	2,57	

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 6					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01 PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	0,09	-0,10	-0,16	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	3,18	4,30	3,18	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	-0,03	-0,35	-0,25	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	3,18	12,71	4,30	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	0,07	0,11	-0,11	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,78	3,18	3,18	
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	-0,01	-0,14	-0,20	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,57	12,71	4,30	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	0,02	-0,46	-0,15	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,31	12,71	4,30	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	0,18	-0,29	-0,07	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,20	2,07	4,30	
MSU08	$t_{\text{calculado}}$	0,37	-0,33	-0,86	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,05	12,71	12,71	
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	0,39	-0,56	0,15	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,01	12,71	12,71	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	0,44	-0,48	-0,28	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	12,71	2,04	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	0,60	-0,60	-0,35	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,99	12,71	2,57	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	0,28	-0,32	-0,03	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,00	12,71	2,78	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	0,04	-0,13	0,20	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,08	12,71	2,37	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	-0,08	-0,20	0,00	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	12,71	2,57	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	-0,05	-0,14	0,00	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	12,71	2,78	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	0,44	-0,25	-0,03	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	12,71	2,57	

FONTE: A autora (2012)

TABELA 65 - RESULTADOS DO TESTE PARA COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS PARA A MÉDIA ENTRE OS PILARES PG01 E PG02 (ÉPOCA 1 E 7)

H0 : Não existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7					
H1 : Existe diferença significativa entre as épocas 1 e 7					
Nível de significância: $\alpha = 5\%$					
Tomada de decisão: $ t < t_{\alpha/2}$ aceita-se H0					
PG01 PG02	Estatística	Leste	Norte	Altitude	Tomada de decisão
Ponto	<i>Estatística</i>	<i>Leste</i>	<i>Norte</i>	<i>Altitude</i>	<i>Tomada de decisão</i>
MSU01	$t_{\text{calculado}}$	0,91	-0,41	-0,23	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,13	2,07	
MSU02	$t_{\text{calculado}}$	1,19	-0,79	-0,21	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,20	2,07	
MSU03	$t_{\text{calculado}}$	1,39	-0,46	-0,14	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,04	2,78	
MSU04	$t_{\text{calculado}}$	1,36	-0,48	-0,32	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,04	4,30	
MSU05	$t_{\text{calculado}}$	1,54	-0,65	-0,28	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,31	3,18	
MSU06	$t_{\text{calculado}}$	1,85	-0,58	-0,23	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	2,07	4,30	
MSU08	$t_{\text{calculado}}$	3,43	-0,79	-1,95	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	12,71	12,71	
MSU09	$t_{\text{calculado}}$	3,87	-1,16	-0,26	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	12,71	4,30	1,96	
MSU10	$t_{\text{calculado}}$	3,63	-1,25	-1,31	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	4,30	4,30	2,11	
MSU11	$t_{\text{calculado}}$	4,23	-1,31	-0,96	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,78	12,71	4,30	
MSU12	$t_{\text{calculado}}$	3,21	-0,78	-0,36	Rejeita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,78	12,71	2,78	
MSU13	$t_{\text{calculado}}$	2,15	-0,58	-0,06	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	4,30	12,71	2,31	
MSU14	$t_{\text{calculado}}$	1,66	-0,49	-0,13	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	2,04	12,71	2,57	
MSU15	$t_{\text{calculado}}$	1,28	-0,42	-0,18	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	12,71	2,78	
MSU16	$t_{\text{calculado}}$	0,73	-0,49	-0,16	Aceita Aceita Aceita
	$t_{\alpha/2}$	1,96	12,71	2,78	

FONTE: A autora (2012)