

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Astrid Costa Dittrich

**OBRA DE CONTENÇÃO EM PORTO ALEGRE/RS:
QUALIDADE DO MONITORAMENTO
DOS DESLOCAMENTOS**

Porto Alegre
dezembro 2014

ASTRID COSTA DITTRICH

**OBRA DE CONTENÇÃO EM PORTO ALEGRE/RS:
QUALIDADE DO MONITORAMENTO
DOS DESLOCAMENTOS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luiz Antônio Bressani
Coorientador: Felipe Gobbi Silveira

Porto Alegre
dezembro 2014

ASTRID COSTA DITTRICH

**OBRA DE CONTENÇÃO EM PORTO ALEGRE/RS:
QUALIDADE DO MONITORAMENTO
DOS DESLOCAMENTOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia

Porto Alegre, dezembro de 2014

Prof. Luiz Antônio Bressani
PhD. pelo Imperial College,
University of London
Orientador

Prof. Felipe Gobbi Silveira
Dr. pelo PPGE/UFGRS
Coorientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFGRS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Alexandre Nichel
(Azambuja)
M. Sc. pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

Prof. Álvaro Pereira
(IMED/ FGS)
Dr. pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

Prof. Felipe Gobbi Silveira
(UNISINOS/ FGS)
Dr. pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

Prof. Luiz Antônio Bressani
(UFGRS)
PhD. pelo Imperial College,
University of London

É com carinho e admiração que dedico
este trabalho aos que sempre foram meus apoios:
minha querida família e meu amor, Juliano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, fonte de muito afeto e educação. Ao Juliano, por me apoiar, incondicionalmente, de forma tão amorosa e tão paciente e (principalmente) por sempre acreditar que essa menina – que um dia vestiu calças amarelas – se tornaria uma engenheira. Às minhas queridas amigas, de dentro e de fora da Universidade, que mesmo com tantos contratempos permanecem em minha vida.

Agradeço ao Professor Bressani, por ser este ótimo professor e, com seu admirável conhecimento, aceitar ser orientador deste trabalho de conclusão. À Professora Carin, por nos apontar o norte e nos possibilitar a realização de trabalhos com tamanha qualidade (sinto aos que não terão oportunidade de assistir suas aulas). Aos professores da UFRGS, pelo diferencial no ensino e, em especial, aos professores da área de geotecnia (os quais me fizeram gostar ainda mais do curso de Engenharia Civil).

Agradeço aos integrantes (professores, bolsistas, funcionários...) do Laboratório de Pavimentação da UFRGS nos anos de 2010/2011, pela minha introdução – com êxito – na geotecnia. Em particular, ao professor Ceratti e à Eng. Luciana Rohde, por serem tão receptivos no laboratório e me oportunizarem a bolsa de iniciação científica. Ao Eng. Lélío Brito, por me abrir mais portas na engenharia geotécnica. À equipe da FGS, por compartilhar seu conhecimento e qualidade de trabalho, bem como me auxiliar e me incentivar nas tarefas relacionadas à Universidade. Especialmente, ao Eng. Felipe Gobbi, coorientador deste trabalho, que me proporcionou, além da grande oportunidade de estágio na sua empresa, as ferramentas para elaboração deste estudo. Ao Eng. Vitor Faro, que, além de colega, mostrou ser um grande amigo. E ao Eng. Marcelo Heidemann, que mesmo residindo em outro estado, se disponibilizou a me auxiliar.

Agradeço a todos que de alguma forma, mesmo que com o menor gesto, colaboraram com a construção do traçado do meu caminho e, assim, possibilitaram esta grande conquista em minha vida.

Nada de muros.
Seus passos tinham – enfim! – a liberdade
de traçar seus próprios labirintos.

Mário Quintana

RESUMO

Atualmente, a intensa urbanização requer que alternativas sejam projetadas para melhor aproveitamento do solo. A escavação do subsolo para execução de estacionamentos é uma das tantas possibilidades empregadas. No entanto, em áreas urbanas – com alta densificação de edificações, tubulações, ruas pavimentadas, etc. – as escavações tendem a intervir nas estruturas adjacentes. Por este motivo, é de suma importância que o solo escavado seja contido e que os deslocamentos desta estrutura de contenção sejam monitorados. Utilizando dados de deslocamentos admissíveis existentes na literatura e resultados de análise numérica realizados para a obra, o trabalho verificou o comportamento de uma estrutura de contenção do tipo parede diafragma ancorada com tirantes provisórios e executada em uma escavação que atingiu aproximadamente 10 metros de profundidade. Resultados de leituras de inclinômetros – os quais medem deslocamentos horizontais subterrâneos – e de medições topográficas – que medem deslocamentos horizontais e verticais superficiais – serviram de base para o monitoramento dos deslocamentos da estrutura. A finalidade do estudo foi definir como é possível, nesta situação, melhorar o método de execução de um monitoramento de instrumentação geotécnica e avaliar a relação entre os dados de campo e os dados teóricos e analíticos. O comportamento da estrutura de contenção foi similar ao simulado na análise numérica, divergindo em alguns pontos do descrito por outros autores: a parede diafragma sofreu significativos deslocamentos negativos, ou seja, na direção contrária à escavação. O principal motivo destas diferenças foi a formação geotécnica do solo. Validando, assim, a relevância de um bom estudo do solo anterior a execução da estrutura, para realização de uma simulação numérica de qualidade, que transmita segurança na determinação de deslocamentos limites para obra.

Palavras-chave: Estrutura de Contenção. Parede Diafragma.
Escavações. Monitoramento Geotécnico. Instrumentação Geotécnica.
Inclinômetro. Medições Topográficas. Deslocamentos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama da relação entre as etapas da pesquisa	21
Figura 2 – Definição dos possíveis movimentos das fundações das edificações adjacentes	25
Figura 3 – Deslocamento em solo heterogêneo	26
Figura 4 – Empuxos ativo e passivo gerados em direção a uma estrutura de contenção .	27
Figura 5 – Ilustração de uma escavação em frente a uma cortina	28
Figura 6 – Comportamento do solo: falha por movimento rotacional	29
Figura 7 – Comportamento do solo: falha estrutural	30
Figura 8 – Comportamento do solo: falha de equilíbrio entre forças verticais	30
Figura 9 – Deslocamentos em solos escavados contidos com cortina de estacas escoradas ou ancoradas	31
Figura 10 – Deslocamentos, em três estágios, em solos escavados contidos com escoras	32
Figura 11 – Deslocamentos horizontais e verticais máximos em escavações escoradas .	33
Figura 12 – Relação entre máximo deslocamento do solo e máxima movimentação lateral de uma cortina	34
Figura 13 – Deslocamentos computados, durante a construção do MTR, devido instalação da estrutura de contenção	35
Figura 14 – Deslocamentos computados, durante a construção do MTR, devido a escavação	36
Figura 15 – Danos a estruturas adjacentes a escavações em função de valores de distorções angulares	37
Figura 16 – Deslocamentos horizontais em um solo escavado contido por cortina ...	38
Figura 17 – Planta baixa e seção de uma parede diafragma	40
Figura 18 – Tirante	43
Figura 19 – Representação, em corte, de uma cortina ancorada por tirantes, em croqui de projeto e em campo	45
Figura 20 – Representação, em corte, de uma trincheira escavada preenchida com lama bentonítica, em croqui de projeto e em campo	45
Figura 21 – Layout de um projeto de monitoramento geotécnico.....	48
Figura 22 – <i>Benchmark</i>	50
Figura 23 – Marco de referência	50
Figura 24 – Croqui de instalação de inclinômetros em uma escavação	53
Figura 25 – Procedimento executivo de instalação do inclinômetro	54
Figura 26 – Componentes de um inclinômetro e modo de interpretação dos dados	55
Figura 27 – Localização da obra	56

Figura 28 – Planta baixa do terreno com a solução da estrutura de contenção	58
Figura 29 – Solução para contenção do solo escavado	58
Figura 30 – Estrutura de contenção do tipo parede diafragma ancorada com tirantes provisórios	60
Figura 31 – <i>Clam shell</i> : equipamento utilizado para escavação das trincheiras da parede diafragma monitorada	60
Figura 32 – Tirantes e estroncas utilizados para ancorar a parede diafragma monitorada	61
Figura 33 – Fase 1	64
Figura 34 – Fase 2	64
Figura 35 – Fase 3	64
Figura 36 – Fase 4	64
Figura 37 – Fase 5	65
Figura 38 – Fase 6	65
Figura 39 – Fase 7	65
Figura 40 – Planta baixa do monitoramento geotécnico	68
Figura 41 – Estação total Topcon GPT-3107	69
Figura 42 – Nível óptico Topcon AT-G6	69
Figura 43 – Marco topográfico instalado no topo da parede diafragma	70
Figura 44 – Marcos topográficos pertencentes à seção de nivelamento	70
Figura 45 – Plaqueta reflexiva instalada na edificação lindeira	70
Figura 46 – Procedimento de leitura do monitoramento topográfico	71
Figura 47 – Inclinômetro portátil	72
Figura 48 – Tubo guia In3	73
Figura 49 – Tubo guia In4	73
Figura 50 – Realização das medições com inclinômetro	73
Figura 51 – Área de monitoramento: painel 1	78
Figura 52 – Seção tipo M1	78
Figura 53 – Painel 1: 14 dias	79
Figura 54 – Painel 1: 25 dias	79
Figura 55 – Painel 1: 35 dias	80
Figura 56 – Painel 1: 52 dias	80
Figura 57 – Painel 1: 74 dias	80
Figura 58 – Painel 1: 108 dias	80
Figura 59 – Painel 1: 116 dias	80
Figura 60 – Painel 1: 126 dias	80

Figura 61 – Fissura com angulação de 45°	82
Figura 62 – Fissura horizontal	82
Figura 63 – Painei 2: 74 dias	83
Figura 64 – Painei 2: 108 dias	83
Figura 65 – Painei 2: 119 dias	84
Figura 66 – Painei 2: 126 dias	84
Figura 67 – Painei 1: 284 dias	85
Figura 68 – Painei 2: 284 dias	85
Figura 69 – Painei 1: Deslocamento (mm) x Altura de escavação (m)	86
Figura 70 – Painei 1: Deslocamento (mm) x Linha de protensão (m)	86
Figura 71 – In1: 9 dias	87
Figura 72 – In1: 74 dias	87
Figura 73 – In1: 102 dias	88
Figura 74 – In4: 11 dias	90
Figura 75 – In4: 49 dias	90
Figura 76 – Área de monitoramento: painei 4	94
Figura 77 – Seção tipo M15, M16 e M17	95
Figura 78 – Painei 3: 14 dias	96
Figura 79 – Painei 3: 52 dias	96
Figura 80 – Painei 3: 74 dias	96
Figura 81 – Painei 3: 116 dias	96
Figura 82 – Painei 3: 126 dias	97
Figura 83 – Painei 4: 14 dias	98
Figura 84 – Painei 4: 35 dias	98
Figura 85 – Painei 4: 52 dias	99
Figura 86 – Painei 4: 126 dias	99
Figura 87 – Painei 5: 35 dias	101
Figura 88 – Painei 5: 52 dias	101
Figura 89 – Painei 3: 284 dias	102
Figura 90 – Painei 4: 284 dias	102
Figura 91 – Painei 4: Deslocamento (mm) x Altura de escavação (m)	102
Figura 92 – Painei 4: Deslocamento (mm) x Linha de protensão (m)	103
Figura 93 – In5*: 67 dias	104
Figura 94 – In5*: 74 dias	104
Figura 95 – In3: 24 dias	105

Figura 96 – In3: 68 dias	105
Figura 97 – In3: 117 dias	105
Figura 98 – Seção de nivelamento M17	107
Figura 99 – Área de monitoramento: painel 6	114
Figura 100 – Seções tipo: painéis 6 e 7 (as medidas são apresentadas em metros)	114
Figura 101 – Painel 6: 35 dias	111
Figura 102 – Painel 6: 52 dias	111
Figura 103 – Painel 6: 74 dias	112
Figura 104 – Painel 6: 116 dias	112
Figura 105 – Painel 6: 119 dias	112
Figura 106 – Painel 6: 126 dias	112
Figura 107 – Painel 7: 52 dias	114
Figura 108 – Painel 6: Deslocamento (mm) x Altura de escavação (m)	115
Figura 109 – Painel 6: Deslocamento (mm) x Linha de protensão (m)	115
Figura 110 – In6*: 35 dias	116
Figura 111 – In6*: 38 dias	116
Figura 112 – In6*: 45 dias	117
Figura 113 – In2: 10 dias	118
Figura 114 – In2: 75 dias	118
Figura 115 – In2: 103 dias	118
Figura 116 – Seção de nivelamento M11	120
Figura 117 – Condições da seção de nivelamento M11 em campo	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Trajetória de tensões e comportamento do solo em uma escavação contida por uma cortina	28
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores limites para distorções angulares em edificações estruturadas e com paredes portantes armadas	36
Tabela 2 – Especificações construtivas dos tirantes provisórios	61
Tabela 3 – Dados de entrada para realização da análise numérica	63
Tabela 4 – Coordenadas das estações topográficas de monitoramento	71
Tabela 5 – Profundidade dos pontos de medições com inclinômetros	72
Tabela 6 – Datas importantes do monitoramento geotécnico	75
Tabela 7 – Painel 1: dados do monitoramento topográfico	79
Tabela 8 – Painel 1: dados do monitoramento com inclinômetro	87
Tabela 9 – Painel 1: dados do monitoramento das edificações adjacentes	91
Tabela 10 – Painel 4: dados do monitoramento topográfico	95
Tabela 11 – Painel 4: dados do monitoramento com inclinômetro	104
Tabela 12 – Painel 4: dados do monitoramento de recalques adjacentes	107
Tabela 13 – Painel 4: dados do monitoramento das edificações adjacentes	108
Tabela 14 – Painel 6: dados do monitoramento topográfico	111
Tabela 15 – Painel 6: dados do monitoramento com inclinômetro	117
Tabela 16 – Painel 6: dados do monitoramento de recalques adjacentes	120
Tabela 17 – Painel 6: dados do monitoramento das edificações adjacentes	122

LISTA DE SIGLAS

MTR – *Mass Transit Railwail* (transporte coletivo ferroviário em Hong Kong)

LISTA DE SÍMBOLOS

M(n°) – Identificação dos marcos topográficos, sendo (n°) um número

CR(n°) – identificação das plaquetas reflexivas fixadas nas edificações, sendo (n°) um número

In(n°) – identificação dos inclinômetros, sendo (n°) um número

In(n°)* – identificação da coluna de plaquetas reflexivas fixadas na estrutura de contenção, sendo (n°) um número

In(n°)-(n°)* – identificação individual das plaquetas reflexiva fixadas na estrutura de contenção, sendo (n°) um número

M(n°)-(n°) – Identificação dos marcos topográficos das seções de nivelamento, sendo (n°) um número

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	19
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	19
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	19
2.2.1 Objetivo principal	19
2.2.2 Objetivo secundário	19
2.3 PRESSUPOSTO	20
2.4 PREMISA	20
2.5 DELIMITAÇÕES	20
2.6 LIMITAÇÕES	20
2.7 DELINEAMENTO	20
3 MOVIMENTAÇÃO DO SOLO E DA ESTRUTURA	23
3.1 COMPORTAMENTO DO SOLO E DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO NA EXECUÇÃO DE ESCAVAÇÕES A CÉU ABERTO	23
3.2 VALORES LIMITES DE DESLOCAMENTOS	30
4 ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	39
4.1 CORTINAS E PAREDES	39
4.2 PAREDE DIAFRAGMA	40
4.3 ESTRONCAS	42
4.4 TIRANTES	43
5 MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	45
5.1 INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA	46
5.2 MONITORAMENTO TOPOGRÁFICO	48
5.2.1 Procedimento executivo de um monitoramento topográfico	51
5.2.2 Possíveis erros de um monitoramento topográfico	51
5.3 INCLINÔMETROS	52
5.3.1 Procedimento executivo de um monitoramento com inclinômetro	53
5.3.2 Possíveis erros em um monitoramento com inclinômetro	55
6 CONSIDERAÇÕES DE CAMPO	56
6.1 A OBRA	57
6.2 PAREDE DIAFRAGMA ANCORADA COM TIRANTES PROVISÓRIOS	59
6.3 ANÁLISE NUMÉRICA	62
7 PROJETO DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	67

7.1 LAYOUT DE PROJETO	67
7.2 MEDIÇÕES TOPOGRÁFICAS	68
7.3 MEDIÇÕES DE INCLINOMETRIA	72
8 ANÁLISES E RESULTADOS	74
8.1 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE	75
8.1.1 Marcos topográficos e plaquetas reflexivas fixadas na estrutura de contenção	75
8.1.2 Seções de nivelamento e plaquetas reflexivas fixadas nas edificações adjacentes à escavação	76
8.1.3 Inclinômetro	77
8.2 PAINEL 1	77
8.2.1 Monitoramento topográfico	79
8.2.2 Monitoramento com inclinômetro	86
8.2.3 Monitoramento das edificações adjacentes	91
8.3 PAINEL 4	93
8.3.1 Monitoramento topográfico	95
8.3.2 Monitoramento com inclinômetro	104
8.3.3 Monitoramento de recalques adjacentes à escavação	106
8.3.4 Monitoramento das edificações adjacentes	108
8.4 PAINEL 6	109
8.4.1 Monitoramento topográfico	110
8.4.2 Monitoramento com inclinômetro	117
8.4.3 Monitoramento de recalques adjacentes à escavação	119
8.4.4 Monitoramento das edificações adjacentes	121
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
REFERÊNCIAS	126
APENDICE A	128
APENDICE B	141
APENDICE C	149
APENDICE D	154
APENDICE E	162
APENDICE F	165

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Geotécnica está relacionada com a execução de estruturas com características extremamente heterogêneas, nas quais, na maioria dos casos, não é possível uma generalização de soluções. Por conseguinte, é essencial que sejam realizados investigações e monitoramentos do subsolo, assim como uma análise qualificada dos resultados obtidos, para um bom desempenho do empreendimento. Uma escavação, como as demais obras geotécnicas, requer medidas de prevenção e segurança para impedir possíveis danos a estruturas vizinhas e para a garantia de um comportamento adequado do solo durante a realização da obra e a sua vida útil.

Assim, neste trabalho foi realizado o monitoramento dos deslocamentos, em uma obra de escavação com profundidade referente a três níveis de subsolo, de uma estrutura de contenção. A obra localiza-se em Porto Alegre. Segundo sondagens SPT realizadas no local, o nível da água se encontra a aproximadamente 3 m abaixo do nível do terreno e a região onde se encontra a obra é formada por uma camada de solo aluvionar seguida de solo residual de granito e maciço rochoso. A ocorrência de solos aluvionares e de elevado nível de água é devido ao fato do terreno encontrar-se no pé de um talvegue, final de uma zona de deposição de sedimentos. Para uma completa investigação geotécnica foram, ainda, realizados ensaios de laboratório em amostras do solo aluvionar – caracterização física completa e resistência ao cisalhamento – e em amostras do solo residual – caracterização física completa, condutividade hidráulica e resistência ao cisalhamento – presentes no local.

A solução de contenção executada para estabilização do solo escavado é uma parede diafragma ancorada com tirantes provisórios: cortina de concreto armado feita com tubo tremonha e com o auxílio de lama bentonítica em trincheiras escavadas. Após a execução da parede era realizada a escavação em níveis de aproximadamente 3 metros e, após essa fase, inseria-se os tirantes para então protendê-los.

A motivação para realização deste monitoramento foi a necessidade de acompanhamento do desempenho da obra de contenção em relação às estruturas vizinhas para a emissão da licença de implantação. O monitoramento geotécnico da escavação foi realizado por meio de medições topográficas de poro-pressão e de inclinômetros. A realização desta instrumentação

é de fundamental importância na coleta de informações para a avaliação da influência do empreendimento a possíveis danos a edificações lindeiras – prédios residenciais e comerciais de pequeno porte com fundações rasas – e de ramificações ou galerias subterrâneas – contribuintes do conduto forçado Álvaro Chaves.

Comparando os resultados dos deslocamentos obtidos em campo (através das medições topográficas e de inclinometria), com uma análise numérica, realizada a partir das informações obtidas por ensaios de campo e de laboratório e aplicados a geometria do problema, e com dados existentes na literatura, foi possível qualificar o monitoramento dos deslocamentos realizado no local.

O trabalho é composto por 9 capítulos, iniciando por este, **Introdução** ao tema, e seguindo pela apresentação das **Diretrizes da Pesquisa**, capítulo que define claramente o estudo. Os capítulos 3, 4 e 5 são formados, respectivamente, por uma breve pesquisa bibliográfica:

- a) **Movimentação do Solo e da Estrutura:** são descritos o comportamento do solo frente a uma escavação a céu aberto e cotendida e são apresentados dados de deslocamentos das estruturas de contenção obtidos em outras obras de escavação;
- b) **Estruturas de Contenção:** é conceituada a estrutura de contenção utilizada na obra estudada, bem como os elementos formadores desta estrutura;
- c) **Monitoramento Geotécnico:** a importância da instrumentação geotécnica é descrita e são apresentadas as características dos instrumentos utilizados para obtenção dos dados monitorados.

No capítulo 6, **Considerações de Campo**, a abordagem do tema, especificamente para obra estudada, é introduzida com as informações básicas necessárias para o entendimento do trabalho. Neste capítulo também é tratado a respeito da análise numérica realizada para análise dos deslocamentos da estrutura de contenção. O capítulo 7 apresenta o **Projeto de Monitoramento Geotécnico** e suas particularidades. Finalmente, no capítulo 8, **Análise e Resultados**, foram apresentados os estudos feitos para o monitoramento, possibilitando identificar a movimentação de cada painel. As **Considerações Finais**, capítulo 9, chega ao entendimento do comportamento em campo da parede diafragma ancorada com tirantes provisórios na situação descrita no presente trabalho e a sua relação com o resultado obtido em uma análise numérica e, por fim, os resultados obtidos são comparados com os apresentados por outros autores.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho, subdivididas em questão, objetivos, hipótese, pressuposto, premissa, delimitações, limitações da pesquisa e delineamento, são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

O trabalho possui a seguinte questão de pesquisa: considerando os deslocamentos de uma estrutura de contenção do tipo parede diafragma, quais resultados são obtidos ao verificar as diferenças entre o monitoramento de inclinômetros e de medições topográficas com o resultado de uma análise numérica e com comportamentos apresentados na bibliografia?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O trabalho tem como objetivo principal a verificação das diferenças entre os resultados obtidos, ao monitorar os deslocamentos de uma estrutura de contenção do tipo parede diafragma, através de inclinômetros e de medições topográficas, com o resultado obtido através da análise numérica, realizada para previsão de deformações da estrutura, e com os comportamentos apresentados na bibliografia.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é a descrição das etapas de instalação de inclinômetros e de marcos topográficos na estrutura de contenção monitorada.

2.3 PRESSUPOSTO

A análise numérica, a qual empregou como método de análise o método dos elementos finitos e utilizou o modelo elastoplástico com critério de ruptura de Mohr Coulomb e a direção do vetor de deformação plástica com base no ângulo de dilatância do material, apresenta resultados próximos da realidade.

2.4 PREMISSE

O trabalho tem por premissa que o monitoramento geotécnico, através de instrumentação, proporciona resultados indispensáveis para a análise da segurança da obra e possui suficiente acurácia para permitir a tomada de decisões.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao monitoramento de uma estrutura de contenção do tipo parede diafragma ancorada com tirantes provisórios localizada na cidade de Porto Alegre/RS.

2.6 LIMITAÇÕES

O trabalho possui as seguintes limitações:

- a) o caráter localizado das informações: a leitura é realizada por ponto de instalação dos instrumentos, sendo estes atribuídos para os demais pontos ao seu entorno;
- b) instalação da instrumentação e realização das leituras executadas por terceiros: dados brutos de leitura dependentes do fornecimento pelos responsáveis por executá-las e das condições de campo no dia da leitura;
- d) a região apresenta solos aluvionar e residual;
- e) o nível da água está 3,0 m abaixo da superfície do terreno.

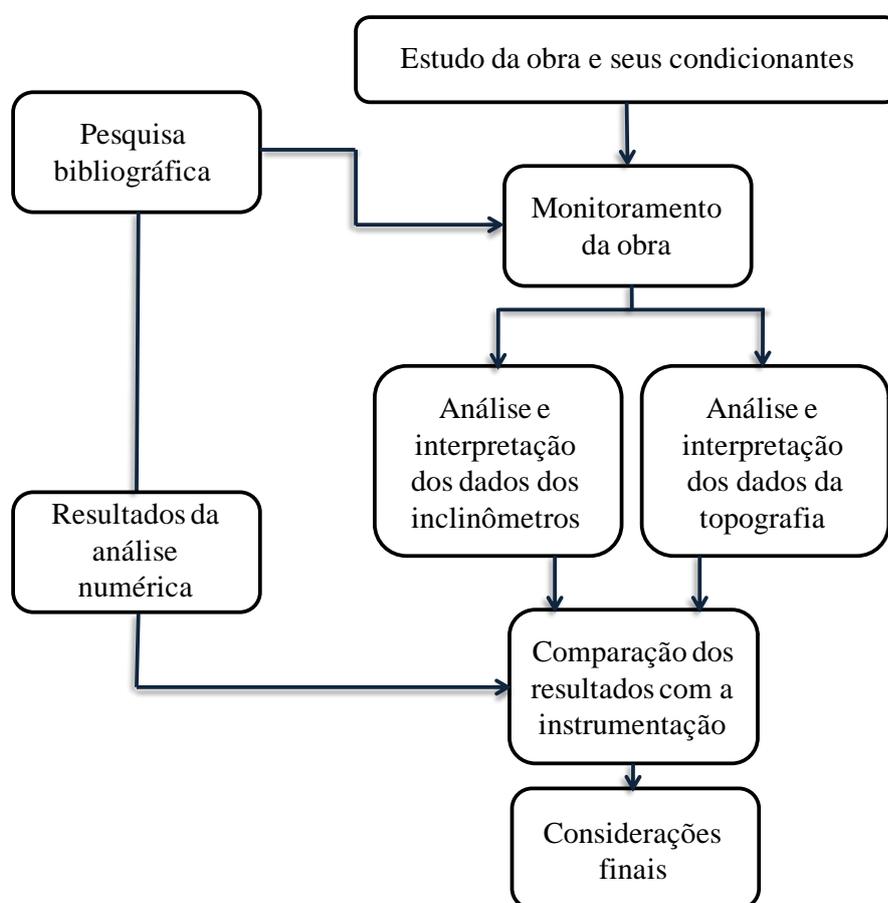
2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) estudo da obra e seus condicionantes;

- b) pesquisa bibliográfica;
- c) monitoramento da obra;
- d) análise e interpretação dos resultados gerados pelo inclinômetro;
- e) análise e interpretação dos resultados gerados pelo monitoramento topográfico;
- f) comparação dos resultados obtidos pela instrumentação com a análise numérica realizada para simulação de deformações da estrutura e com os resultados bibliográficos;
- g) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama da relação entre as etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

Como introdução ao assunto, realizou-se um estudo da obra e seus condicionantes: disposição do canteiro de obras, condições do solo, profundidade de escavação, cronograma da obra, estrutura de contenção, dificuldades de instalação da instrumentação, etc. Após a definição destes condicionantes, o monitoramento da obra foi iniciado.

O monitoramento ocorreu do início dos trabalhos de escavação até a execução da superestrutura das três edificações que compõem o empreendimento. O monitoramento

consistiu em realizações de visitas semanais, para verificação das fases da obra, das dificuldades construtivas e das condições da instrumentação. A pesquisa bibliográfica, elaborada, essencialmente, no início do trabalho, é composta pela coleta de materiais, relacionados ao assunto e ao ambiente onde a obra se encontra, e dados de outros autores, os quais já tiveram como experiência obras de escavação, monitoramento geotécnico e execução de estruturas de contenção. Ao longo do trabalho, a pesquisa bibliográfica foi utilizada como fonte de comparação dos dados levantados em campo.

A partir dos dados brutos obtidos através da leitura da instrumentação geotécnica e do que foi observado em campo, uma análise criteriosa, ponto a ponto da estrutura de contenção, foi realizada. Analisou-se os resultados, individualmente, de cada marco topográfico e de cada inclinômetro, para então analisar o comportamento da estrutura por trechos e, após isso, como um todo. Esta análise e interpretação foi realizada por métodos gráficos e análise de leituras redundantes.

Analisando e interpretando os dados da instrumentação, foi possível comparar o comportamento visto em campo com o comportamento obtido pela análise numérica realizada para a situação em questão. Neste trabalho, foram abordados apenas os resultados finais da análise numérica. Uma vez verificado o comportamento da estrutura com o comportamento esperado, comparou-se esses resultados com o comportamento encontrado por outros autores, os quais foram apresentados na pesquisa bibliográfica.

Dessa forma, obteve-se dados suficientes para chegar a considerações finais a respeito do presente estudo, constatando a acurácia dos resultados obtidos durante a realização da plataforma de monitoramento e possíveis alternativas de métodos mais eficazes para o monitoramento dos deslocamentos de paredes diafragmas em obras de edificações em uma área urbana.

3 MOVIMENTAÇÃO DO SOLO E DA ESTRUTURA

Milititsky et al. (2005, p. 12) relaciona a boa prática da engenharia com a qualidade das obras: envolve desde fiscalização da obra, registro e certificação de procedimentos até ensaios que devem ser realizados por especificações normativas. Dessa forma é possível prever elementos defeituosos e situações de risco ainda na fase construtiva para, assim, adotar medidas que garantam o comportamento correto da estrutura e a segurança de todas as partes envolvidas. Portanto, é de fundamental importância o estudo dos possíveis comportamentos do solo durante o período de execução da obra e durante sua vida útil, para que os problemas que possam vir a ocorrer sejam fiscalizados ou prevenidos de forma adequada.

Assim, são apresentados, neste capítulo, possíveis comportamentos do solo e da estrutura de contenção em uma obra de escavação para que se compreenda, para este caso, a motivação do monitoramento com instrumentação geotécnica.

3.1 COMPORTAMENTO DO SOLO E DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO NA EXECUÇÃO DE ESCAVAÇÕES A CÉU ABERTO

Milititsky et al. (2005, p. 135-136) em relação às escavações e seus deslocamentos considera:

A execução de escavações provoca, necessariamente, a movimentação da massa de solo junto a elas ou a estruturas de contenção, em razão da perda de material, variação no estado inicial de tensões ou rebaixamento do lençol freático, com eventual adensamento de solos saturados. Esses efeitos dependem das fundações existentes nas proximidades e da sensibilidade aos recalques das estruturas próximas.

Atkinson¹ et al. (1990 apud REFFATTI, 2002, p. 25) e Atkinson e Sällfors² (1991 apud REFFATTI, 2002, p. 25) ainda comentam que se existem deformações no solo, a rigidez deste

¹ ATKINSON, J. H.; COOP, M. R.; STALLEBRAS, S. E.; VIGGIANI, G. Measurement of Stiffness of Soils and Weak Rocks in Laboratory Tests. In: ANUAL CONFERENCE OF THE ENGINEERING GEOLOGY GROUP, 25th, 1989, Edinburgh. **Proceedings...** London: Geological Society, 1990. p. 21–27.

² ATKINSON, J. H.; SÄLLFORS, G. Experimental Determination of Stress-Strain-Time Characteristics in Laboratory and in situ Tests. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 10th, 1991, Florence. **Proceedings...** Florence: General report, 1991, v. 3. p. 915-956.

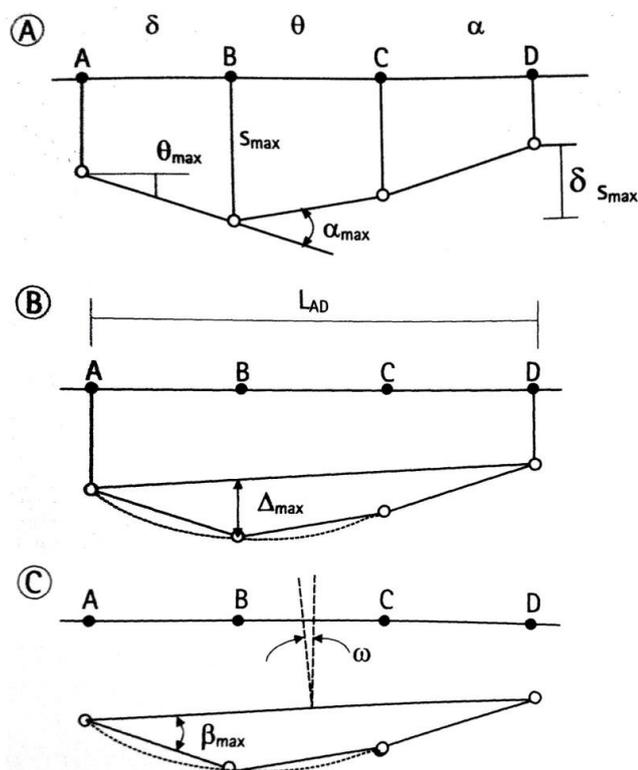
mesmo solo decresce. Burland³ et al. (1979 apud REFFATTI, 2002, p. 25) propõem que a rigidez do solo e o alívio de tensões provocadas pela escavação contribuem para a magnitude do movimento do solo. Consequentemente, "[...] a escavação do terreno induz deslocamentos verticais e horizontais, que podem induzir danos em edificações ou utilidades dispostas nas proximidades da escavação.". Reffatti (2002, p. 27) conclui a situação como Milititsky et al. (2005, p. 135-136), que por sua vez, além disso, julga o deslocamento horizontal ocorrido na estrutura de contenção causa para possíveis deslocamentos horizontais e verticais no solo. Outros fatores que influenciam na movimentação do solo escavado são a dimensão da escavação, o nível do lençol freático, a rigidez de suporte, o efeito do pré-carregamento, o efeito do empuxo passivo, as atividades de preparação do local e os fatores construtivos (HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 65-66, tradução nossa).

As fundações das estruturas adjacentes à escavação, segundo apresentam Burland e Wroth⁴ (1975 apud MILITITSKY et al., 2005, p. 17) e a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 6), podem sofrer uma série de deslocamentos: recalque ou levantamento total de um ponto da estrutura (s), recalque diferencial entre dois pontos da estrutura (δ_s), rotação relativa entre dois pontos da estrutura (θ), deformação angular de um trecho da estrutura (α), deflexão relativa (Δ), razão de deflexão (Δ/l), rotação ou desaprumo (ω) e distorção angular (β). A figura 2 ilustra estes possíveis deslocamentos.

³ BURLAND, J. B.; BROOMS, B.B.; MELO, V. F. de. Behaviour of foundation and structures. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS ENGINEERING, 9th, 1979, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: State of the Art Report, 1979, v. 2. p. 495-546.

⁴ BURLAND, J. B., WROTH, C. P. Settlement of buildings and associated damage. In: CONFERENCE ON SETTLEMENT OF STRUCTURES, 1st, 1975, Cambridge. **Proceedings...** London: Pentech Press, 1975, p. 611-654.

Figura 2 – Definição dos possíveis movimentos das fundações das edificações adjacentes



(fonte: BURLAND; WROTH⁵, 1975 apud MILITITSKY et al., 2005, p. 17)

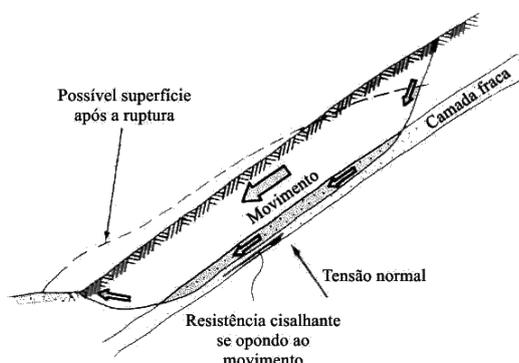
É inevitável que ocorram deslocamentos no solo adjacente à escavação. Por este motivo, deve-se tentar reduzir os deslocamentos através de melhoramentos dos métodos construtivos da obra em questão. A execução de um projeto de escavação é confiável no momento em que medidas de deslocamentos e dados das circunstâncias dos deslocamentos sejam obtidos. Apenas com estes resultados o engenheiro está apto a decidir se os deslocamentos estão dentro do limite esperado ou se devem ser reduzidos por métodos alternativos (TERZAGHI; PECK, 1967, p. 580).

Dunnicliff (1988, p. 20, tradução nossa) comenta a respeito da estabilidade do solo escavado. Propõe que os deslizamentos de terra em uma escavação podem ocorrer de diferentes formas e estas, dependem, também, da homogeneidade do solo a ser escavado. Em um solo heterogêneo, a superfície de ruptura, possivelmente, é em forma planar pois nesta situação pode existir diferentes camadas de solo, paralelas umas às outras, assim a camada de menor

⁵ BURLAND, J. B., WROTH, C. P. Settlement of buildings and associated damage. In: CONFERENCE ON SETTLEMENT OF STRUCTURES, 1975, Cambridge. **Proceedings...** London: Pentech Press, 1975, p. 611-654.

resistência ao deslizamento tende a se deslocar, situação exemplificada na figura 3. Em solos homogêneos, é provável que a superfície de ruptura seja em forma circular. No entanto, independente da situação, se existe um aumento de poro-pressão na superfície de ruptura existe uma redução na estabilidade da escavação. Os movimentos de terra são impedidos apenas quando no solo existe resistência ao deslizamento e tensões suficientes para se opor à superfície de ruptura. Pinto (2006, p. 248) afirma que essas tensões de ruptura são em geral de cisalhamento, raramente de tração que, portanto, o solo não sofre ruptura enquanto a tensão não exceder a máxima tensão de cisalhamento.

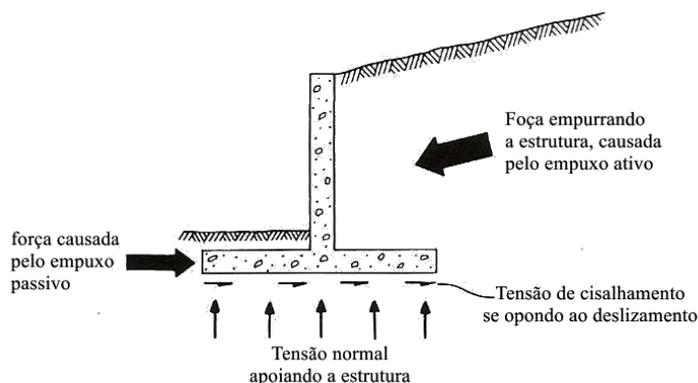
Figura 3 – Deslocamento em solo heterogêneo



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 21)

Quando é executada uma estrutura de contenção são gerados empuxos ativos e passivos no solo em direção à estrutura. Conforme a figura 4, o empuxo que desloca a estrutura para esquerda é chamado de empuxo ativo e é gerado pela tensão que o solo exerce após sua tentativa de suportar seu peso próprio. O empuxo passivo é aquele a favor da estabilidade da estrutura, conseqüentemente atua no sentido contrário do empuxo ativo. Se a estrutura de contenção é ancorada, o empuxo passivo é maior e os deslocamentos em direção a escavação são menores, assim as estruturas adjacentes também sofrem menor influência (DUNNICLIFF, 1988, p. 20-21, tradução nossa).

Figura 4 – Empuxos ativo e passivo gerados em direção a uma estrutura de contenção



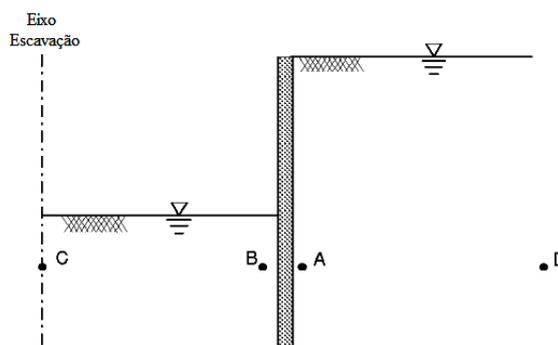
(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 21)

A resistência do solo influencia todos os movimentos possíveis – arqueamento da base escavada, deformação da cortina e movimentação de solo adjacente à escavação – em uma escavação com estrutura de contenção. A movimentação possui menor consequência, em termos de danos, em solos rígidos (solo granular grosseiro, argila rija...) do que em solos moles (GABA et al., 2003, p. 43, tradução nossa). No entanto, Potts e Day⁶ (1990 apud GABA et al., 2003, p. 44, tradução nossa) mostra que estruturas de contenção com maior rigidez sofrem com a aplicação de maiores momentos do que estruturas mais flexíveis, pois nestas últimas os esforços aplicados pelo solo são melhor distribuídos. Cabe ao projetista balancear custo e benefício.

O quadro 1 apresenta a trajetória de tensões e o comportamento do solo nos pontos demarcados na figura 5 devido ao alívio de tensões durante e após uma escavação. A figura 5 ilustra a situação da execução de uma escavação em frente a uma estrutura de contenção do tipo cortina.

⁶ POTTS, D. M.; DAY, R. A. The effect of wall stiffness on bending moments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PILING AND DEEP FOUNDATIONS, 4th, 1990, Stresa. **Proceedings...** Rotterdam: A. A. Balkema, 1990. p. 435-444.

Figura 5 – Ilustração de uma escavação em frente a uma cortina



(fonte: adaptado de GABA et al., 2003, p. 44)

Quadro 1 – Trajetória de tensões e comportamento do solo em uma escavação contida por uma cortina⁷

PONTO	A	B	C	D ⁽¹⁾
Tensão vertical efetiva durante escavação	Constante	Decrescendo	Decrescendo	Sem alteração
Tensão horizontal efetiva durante escavação	Decrescendo	Decrescendo devido ao alívio de tensões e aumentando devido ao movimento da cortina	Decrescendo	Sem alteração
Poropressão durante escavação	Decrescendo	Aumentando	Decrescendo	Depende da permeabilidade do solo
Poropressão à longo prazo	Provavelmente decrescendo	Decrescendo	Decrescendo	Depende da permeabilidade do solo
Resistência não drenada à longo prazo	Provavelmente decrescendo	Decrescendo	Decrescendo	Sem Alteração
Comportamento durante escavação	Compressão (vertical)	Tração (vertical)	Tração (vertical)	Sem Alteração
Comportamento à longo prazo	Compressão (vertical)	Tração (vertical)	Tração (vertical)	Sem Alteração

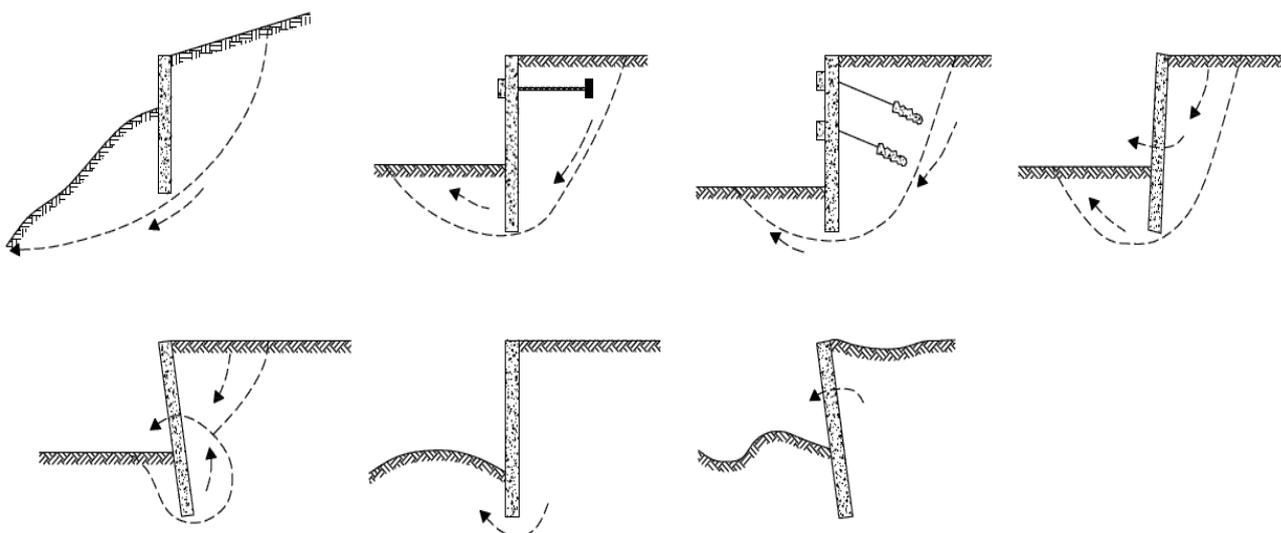
⁽¹⁾ Assumindo que o ponto está suficientemente longe da cortina, assim não é afetado pelas alterações nas tensões do solo devido à escavação em frente à parede.

(fonte: adaptado de GABA et al., 2003, p. 45)

⁷ Quadro baseado nos pontos ilustrados na figura 7.

No momento em que a estrutura de contenção do solo escavado atinge seu estado limite, isto é, quando o desempenho para o qual a estrutura de contenção foi projetada não é mais seguro, existe possibilidade de danos, perdas econômicas e situações de risco. Por este motivo, são realizadas análises de estabilidade limite para projetar a estrutura, buscando analisar o pior contexto em que a estrutura pode vir a se encontrar (SIMPSON; DRISCOLL⁸, 1998 apud GABA et al., 2003, p. 39, tradução nossa). No momento em que a estrutura entra em colapso ou falha (pondo em risco as pessoas e a estrutura a ser contida propriamente dita) ela está em seu estado limite último. O estado limite último pode ocorrer devido a perda de equilíbrio da estrutura, a movimentos de rotação ou translação, a falha entre as combinações de solo e estrutura, a movimentos de solo retido ou a fadiga (figuras 6 a 8).

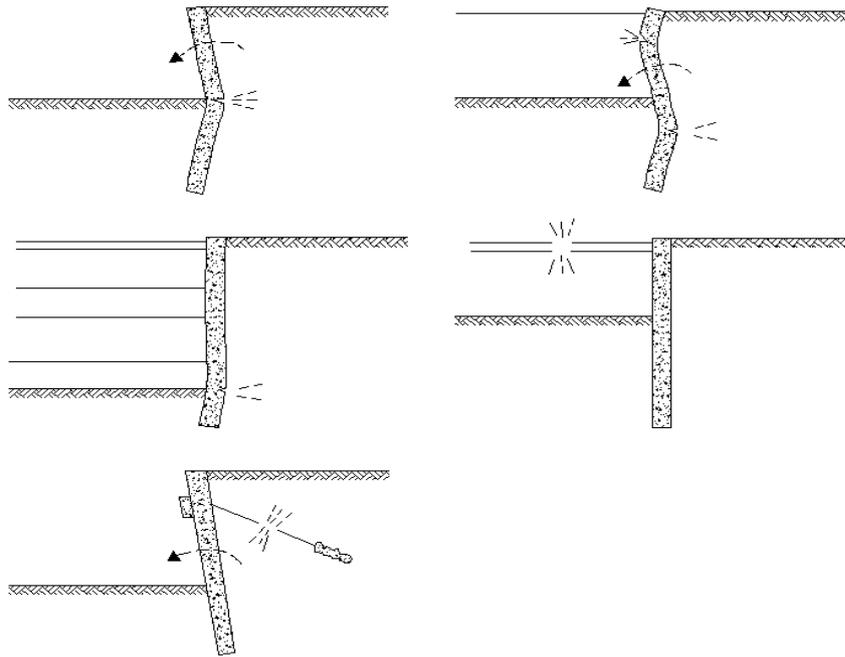
Figura 6 – Comportamento do solo: falha por movimento rotacional



(fonte: adaptado de GABA et al., 2003, p. 40)

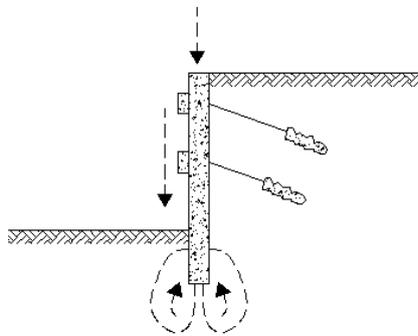
⁸ SIMPSON, B.; DRISCOLL, R. **Eurocode 7**: a commentary. Garston: Building Research Establishment, 1998.

Figura 7 – Comportamento do solo: falha estrutural



(fonte: adaptado de GABA et al., 2003, p. 40)

Figura 8 – Comportamento do solo: falha de equilíbrio entre forças verticais



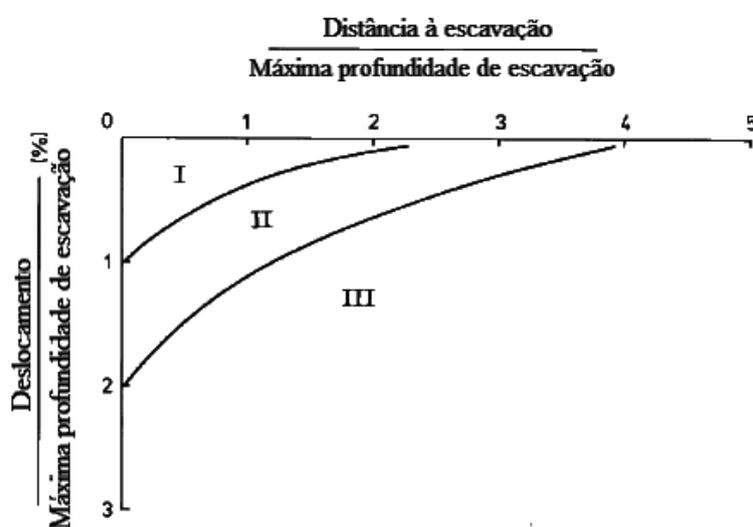
(fonte: adaptado de GABA et al., 2003, p. 40)

3.2 VALORES LIMITES DE DESLOCAMENTOS

Para previsão dos deslocamentos de uma escavação com estrutura de contenção pode-se utilizar métodos empíricos, semi-empíricos, de velocidades medidas em campo ou dos elementos finitos (HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 69, tradução nossa).

O método empírico é baseado no banco de dados de outras escavações executadas em condições similares. A exemplo deste método, há os dados de Peck⁹ (1969 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 69, tradução nossa), que relaciona os recalques de um ponto a uma certa distância da escavação com a profundidade máxima de solo escavado contido com cortina de estacas escoradas ou ancoradas (figura 9).

Figura 9 – Deslocamentos em solos escavados contidos com cortina de estacas escoradas ou ancoradas



LEGENDA:

- I) areia e argila mole à dura, com mão-de-obra de qualidade média;
- II) a. argila mole à muito mole com profundidade da camada de argila abaixo do fundo da escavação limitada ou, caso for significativa, $N_b < 5,14$;
b. deslocamentos afetados por dificuldades construtivas
- III) argila mole à muito mole com profundidade da camada de argila abaixo do fundo da escavação significativa e $N_b > 5,14$;

(fonte: adaptado de PECK¹⁰, 1969 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 168)

Os dados de O'Rourke¹¹ (1981 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 69, tradução nossa) são interessantes pois consideram os deslocamentos em três estágios de uma escavação escorada (figura 10):

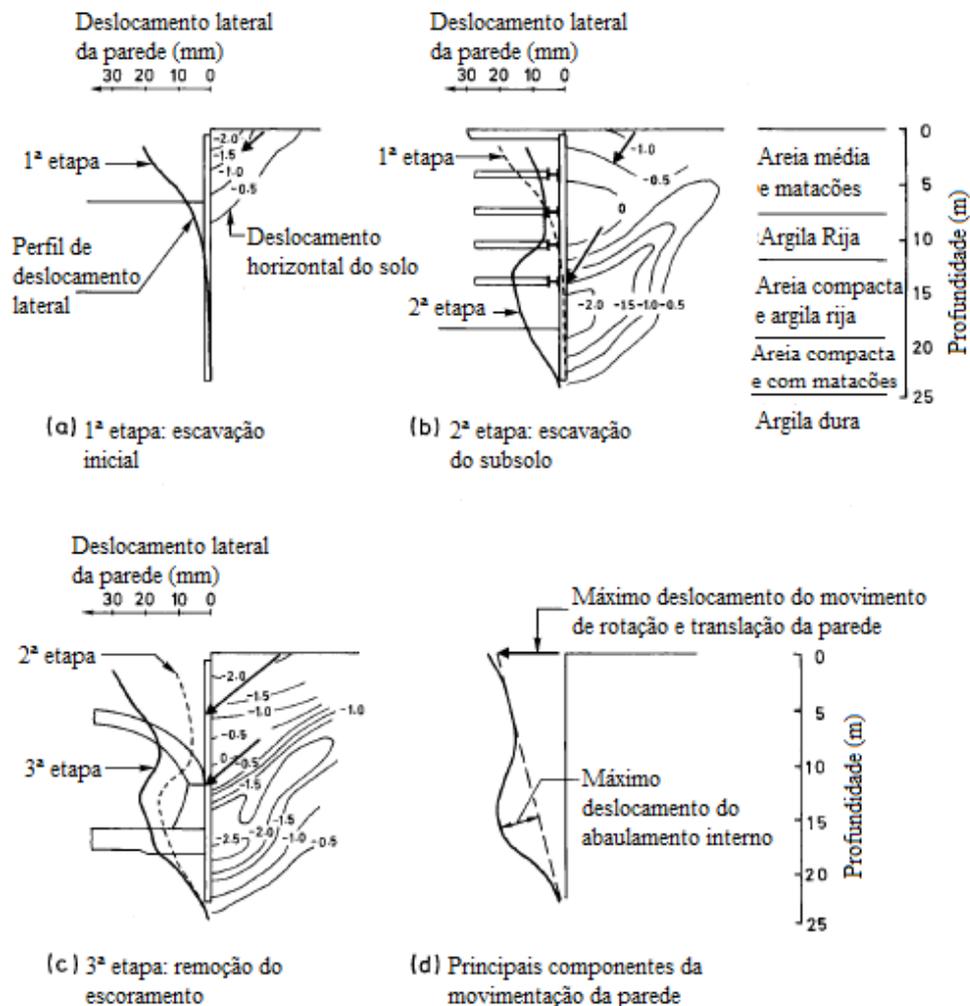
⁹ PECK, R. B. Deep excavations and tunneling in soft ground. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 7th, 1969, Mexico City. **Proceedings...** Mexico City: State of the Art Report, 1969. p. 225-290.

¹⁰ op. cit.

¹¹ O' ROURKE, T. D. Ground movements caused by braced excavations. **Journal of Geotechnical Engineering**, [S. l.], v. 107, p. 1159-1178, 1981.

- escavação inicial, antes do escoramento: deslocamentos horizontais apresentam diagrama triangular, o qual decresce com a profundidade;
- escavação do subsolo, após o escoramento da linha superior: maiores deslocamentos laterais estão impedidos de ocorrer na porção superior, já na porção inferior, um abaulamento no interior da cortina causa tensões de tração, inclinadas, aproximadamente, 45° do eixo vertical;
- remoção do escoramento: ocorrem maiores abaulamentos no interior da cortina quando o escoramento inferior é retirado. Quando o escoramento superior é retirado a cortina é sustentada apenas pela porção enterrada, ocorrendo uma deformação na parte superior do tipo de uma estrutura em balanço.

Figura 10 – Deslocamentos, em três estágios, em solos escavados contidos com escoras

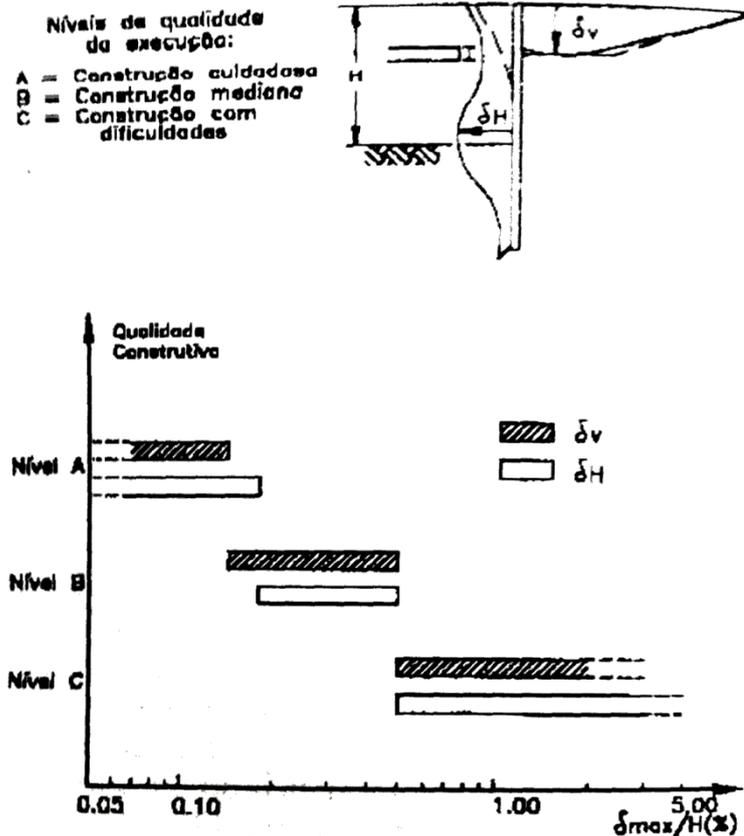


(fonte: adaptado de O'ROURKE¹², 1981 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 172)

¹² O' ROURKE, T. D. Ground movements caused by braced excavations. **Journal of Geotechnical Engineering**, [S. l.], v. 107, p. 1159-1178, 1981.

Ranzini e Negro (1998, p. 512) apresentam os deslocamentos horizontais e verticais máximos em escavações escoradas, figura 11, baseados nos trabalhos de Peck¹³ (1969) e de Clough e O'Rourke¹⁴ (1990).

Figura 11 – Deslocamentos horizontais e verticais máximos em escavações escoradas



(fonte: RANZINI; NEGRO, 1998, p. 512)

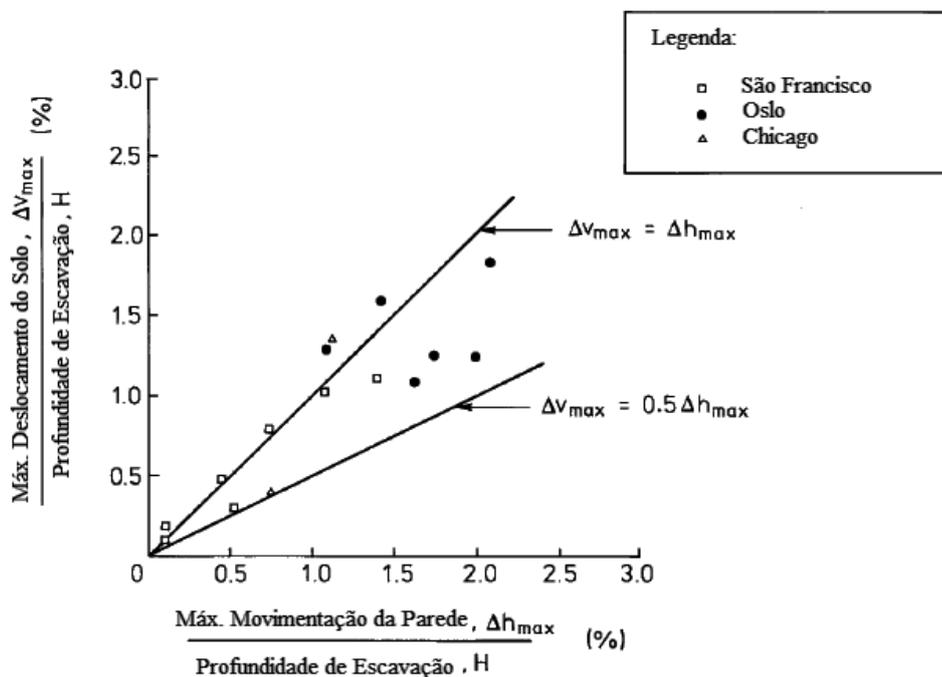
Mana e Clough¹⁵ (1981 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 70, tradução nossa) comparam os máximos deslocamentos verticais do solo com a máxima movimentação lateral de uma parede (figura 12) e concluem que os deslocamentos máximos são de 0,5 a 1,0 vez a movimentação da cortina.

¹³ PECK, R. B. Deep excavations and tunneling in soft ground. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 7th, 1969, Mexico City. **Proceedings...** Mexico City: State of the Art Report, 1969. p. 225-290.

¹⁴ CLOUGH, G. W.; O'ROURKE, T. D. Construction induced movements of in situ walls. In: LAMBE, P.C; HANSEN, L. A. (Ed.). **Design and performance of earth retaining structures**. New York: ASCE, 1990, p. 439-470. Geotechnical Special Publication n. 27.

¹⁵ MANA, A. I.; CLOUGH, G. W. Prediction of movements for braced cuts in clay. **Journal of Geotechnical Engineering**, [S. l.], v. 107, p. 759-777, 1981.

Figura 12 – Relação entre máximo deslocamentos do solo e máxima movimentação lateral de uma cortina



(fonte: adaptado de MANA; CLOUGH¹⁶, 1981 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 173)

Durante a construção do *Mass Transit Railway* (MTR - transporte coletivo ferroviário) em Hong Kong, Stroud e Sweeney¹⁷ (1977 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 71, tradução nossa), relataram movimentação do solo devido a instalação de uma parede diafragma no local e Morton¹⁸ et al. (1980 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 71, tradução nossa) e Morton¹⁹ et al. (1980 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 71, tradução nossa) relataram que a movimentação do solo pode ser separada em três causas: instalação da parede diafragma, nível de água e escavação. Os deslocamentos

¹⁶ MANA, A. I.; CLOUGH, G. W. Prediction of movements for braced cuts in clay. **Journal of Geotechnical Engineering**, [S. l.], v. 107, p. 759-777, 1981.

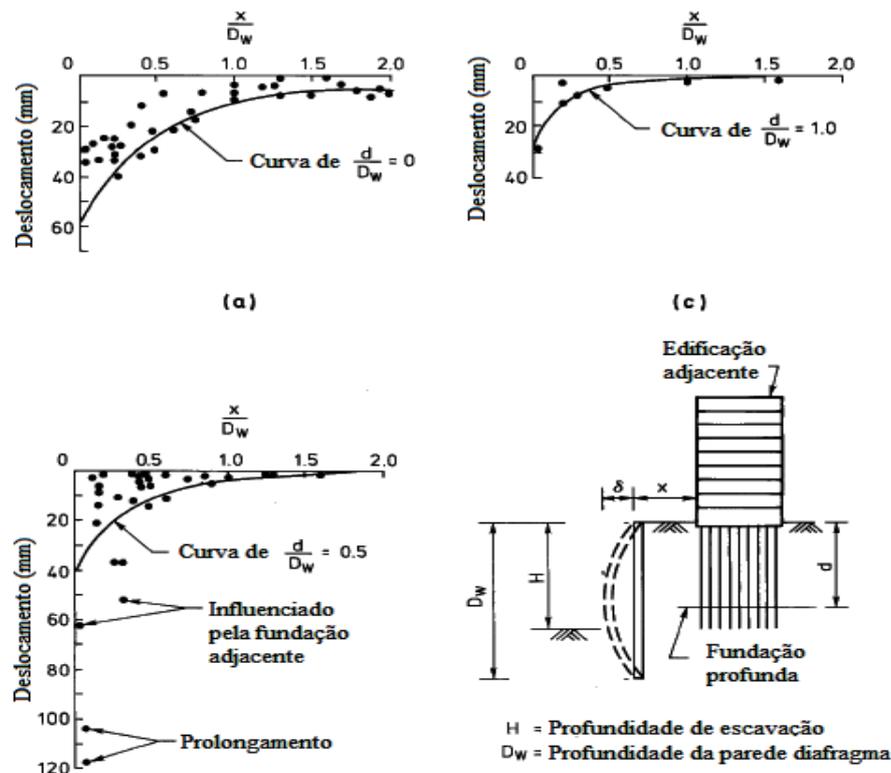
¹⁷ STROUD, M. A.; SWEENEY, D. J. Description of a diaphragm wall test panel. **A Review of Diaphragm Walls**, London, p. 142-148, 1977.

¹⁸ MORTON, K.; CARTER, R.W.; LINNEY, L. Observed settlements of buildings adjacent to stations constructed for the modified initial system of the Mass Transit Railway, Hong Kong. In: SOUTHEAST ASIAN CONFERENCE ON SOIL ENGINEERING, 6th, 1980, Taipei. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1980, v. 1, p. 415-429.

¹⁹ MORTON, K.; LEONARD, M. S. M.; CATER, R. W.; Building settlements and ground movements associated with construction of two stations of the modified initial system of the Mass Transit Railway, Hong Kong. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND MOVEMENTS AND STRUCTURES, 2th, 1980, Cardiff. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1980, p. 788-802.

relatados devido a instalação da parede diafragma foram significantes. Davies e Henkel²⁰ (1980 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 71, tradução nossa) acreditaram que esses deslocamentos ocorreram devido ao comprimento da parede e à alta potencialidade de dilatação lateral do granito alterado, o qual compunha o solo. Os deslocamentos do solo causados pela instalação da estrutura de contenção e durante a escavação foram computados por Budge-Reid²¹ et al. (1984 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 71, tradução nossa) e são apresentados, respectivamente, nas figuras 13 e 14.

Figura 13 – Deslocamentos computados, durante a construção do MTR, devido instalação da estrutura de contenção



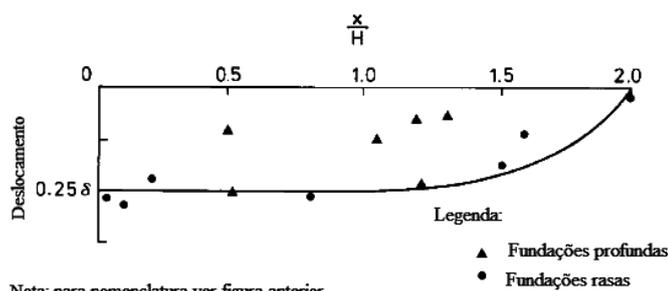
(fonte: adaptado de BUDGE-REID²² et al., 1984 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 179)

²⁰ DAVIES, R.V.; HENKEL, D.J. Geotechnical problems associated with the construction of Chater Station, Hong Kong. In: CONFERENCE ON MASS TRANSPORTATION IN ASIA, 1st, 1980, Hong Kong. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1980. Não paginado. Paper J3, n p. 31.

²¹ BUDGE-REID, A.J.; CATER, R.W.; STOREY, F. G. Geotechnical and construction aspects of the Hong Kong Mass Transit Railway system. In: CONFERENCE ON MASS TRANSPORTATION IN ASIA, 2nd, 1984, Singapore. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1984. Não paginado. n p. 30.

²² op. cit.

Figura 14 – Deslocamentos computados, durante a construção do MTR, devido a escavação



Nota: para nomenclatura ver figura anterior.

(fonte: adaptado de BUDGE-REID²³ et al., 1984 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 181)

Milititsky et al. (2005, p. 19), tabela 1, resumiu as indicações de autores consagrados que, através de métodos empíricos, obtiveram valores limites de deformações para edificações com paredes portantes armadas em função de distorções angulares.

Tabela 1 – Valores limites para distorções angulares em edificações estruturadas e com paredes portantes armadas

Autor	Dano estrutural	Rachaduras em paredes e divisórias
Skempton e MacDonald ²⁴ (1956)	1/150	1/300 (recomenda-se 1/500)
Meyerhof ²⁵ (1956)	1/250	1/500
Polshin e Tokar ²⁶ (1957)	1/200	1/500
Bjerrum e Eggestad ²⁷ (1963)	1/150	1/500

(fonte: MILITITSKY et al., 2005, p. 19)

²³ BUDGE-REID, A. J.; CATER, R. W.; STOREY, F. G. Geotechnical and construction aspects of the Hong Kong Mass Transit Railway system. In: CONFERENCE ON MASS TRANSPORTATION IN ASIA, 2nd, 1984, Singapore. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1984. Não paginado. n p. 30.

²⁴ SKEMPTON, A. W.; MACDONALD, D. H. Allowable settlement of buildings. **ICE proceedings: engineering division**, London, v. 5, part. 3, p. 727-768, Dec. 1956.

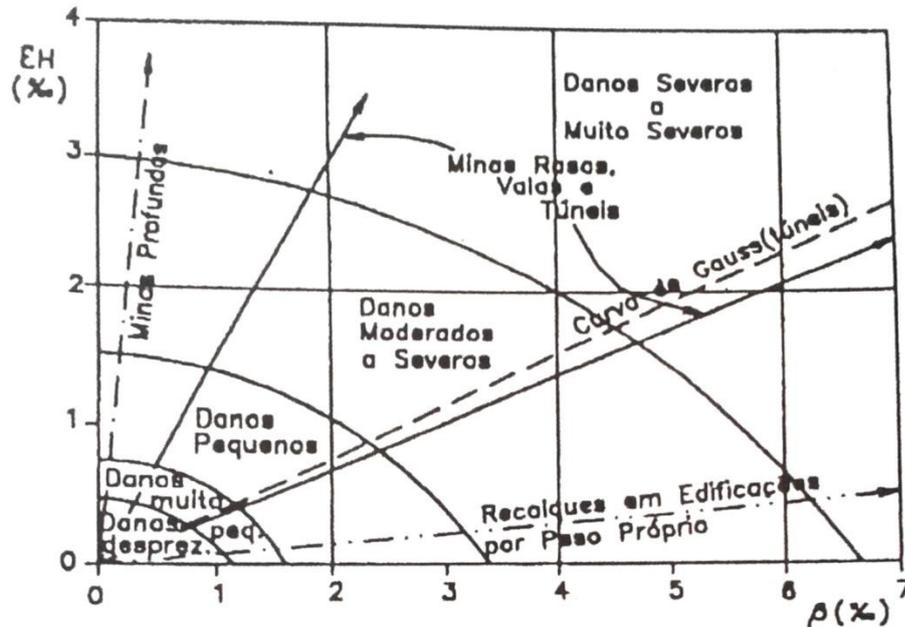
²⁵ MEYERHOF, G. G. Compaction of sands and bearings capacity of piles. In: SKEMPTON, A. W.; PECK, R. B.; MACDONALD, D. H. Discussion on paper Settlement analysis of six structures in Chicago end London. **ICE proceedings: engineering division**, London, v. 5, n. 1, não paginado, Mar. 1956

²⁶ POLSHIN, D. E.; TOKAR, R. A. Maximum allowable non-uniform settlement of structures. In: ICSMFE, 4th, 1957, London. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], v. 1, 1957. p. 402-405.

²⁷ BJERRUM, L.; EGGESTAD, A. Interpretation of loading tests on sand. In: ECSMFE, 3rdm 1963, Wiesbaden. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1957. Não paginado.

Boscardin e Cording²⁸ (1989 apud RANZINI; NEGRO, 1998, p. 513) determinaram um critério, também em função de valores de distorções angulares, de danos a estruturas adjacentes a escavações, figura 15.

Figura 15 – Danos a estruturas adjacentes a escavações em função de valores de distorções angulares



(fonte: BOSCARDIN; CORDING²⁹, 1989 apud RANZINI; NEGRO, 1998, p. 513)

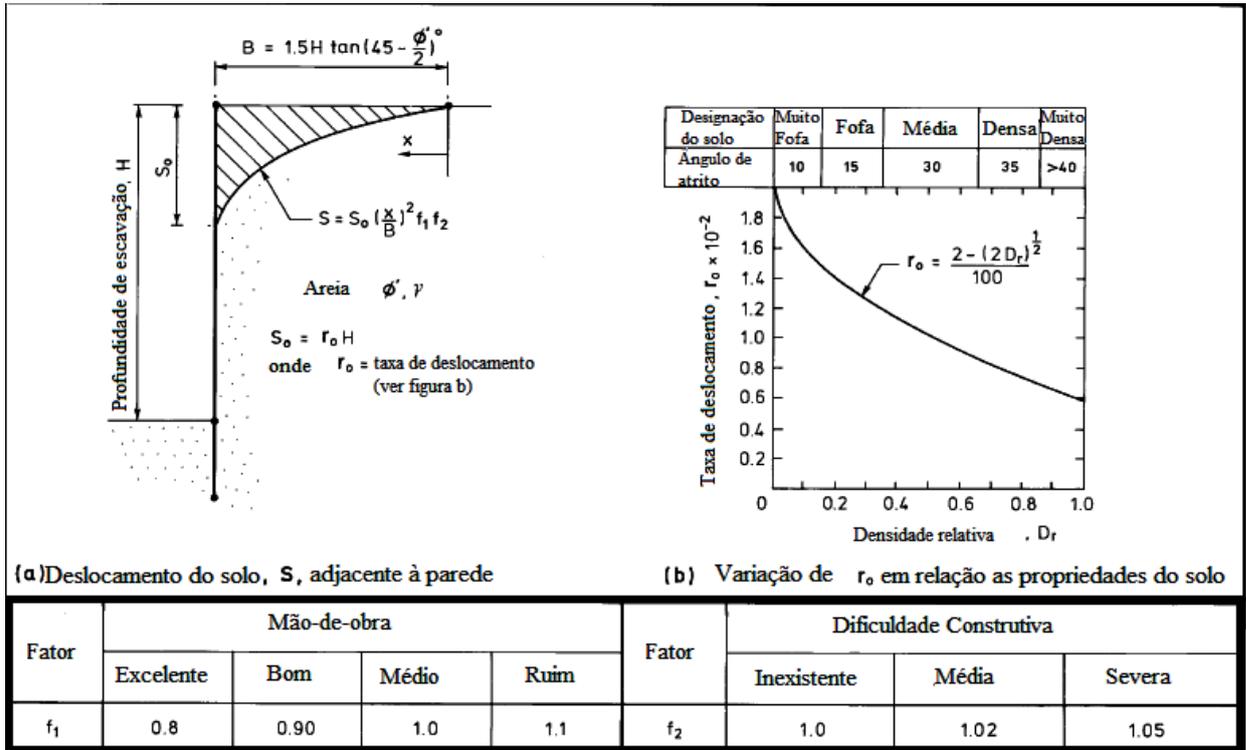
Bauer³⁰ (1984 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 72, tradução nossa) propôs um método semi-empírico para determinar o possível deslocamento vertical do solo adjacente a uma escavação em areia e contido por uma cortina (figura 16).

²⁸ BOSCARDIN, M. D.; CORDING, E. J. Building response to excavation-induced settlement. **Journal of Geotechnical Engineering**, New York, v. 115, n. 1, p. 1-21, 1989.

²⁹ op. cit.

³⁰ BAUER, G. E. Movements associated with the construction of a deep excavation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND MOVEMENTS AND STRUCTURES, 3rd, 1984, Cardiff. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1984, p. 694-706.

Figura 16 – Deslocamentos horizontais em um solo escavado contido por cortina



(fonte: adaptado de BAUER³¹, 1984 apud HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE, 1990, p. 183)

³¹ BAUER, G. E. Movements associated with the construction of a deep excavation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND MOVEMENTS AND STRUCTURES, 3rd, 1984, Cardiff. **Proceedings...** [S. l.: s. n.], 1984, p. 694-706.

4. ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Para Ranzini e Negro (1998, p. 497) contenção é: "[...] feita pela introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais compostos, que apresentam rigidez distinta daquela do terreno que conterà. [...] são estruturas cujo projeto é condicionado por cargas que depende de deslocamentos.". Quanto ao desempenho das contenções, Saes et al. (1998, p. 517) afirmam que não se deve julgá-lo apenas pelas condições da estrutura, mas também pelos fatores externos à ela, isto é, particularidades do local onde a obra está sendo realizada.

Neste capítulo se encontra a descrição da estrutura de contenção – e seus elementos estruturais – que foi monitorada no presente trabalho.

4.1 CORTINAS E PAREDES

Segundo Ranzini e Negro (1998, p. 509):

Cortinas são contenções que, pelo fato de serem ancoradas ou acopladas a outras estruturas mais rígidas, apresentam menor deslocabilidade, o que pode levar os maciços contidos a comportar-se em regime elastoplástico, dando origem a solicitações maiores de que as calculadas no equilíbrio limite. Nessas condições, a 'rigidez relativa' da cortina tem influência na distribuição e na intensidade dos empuxos sobre a cortina, os quais, por sua vez, dependem dos deslocamentos e das deformações na interface 'solo-cortina'.

Os deslocamentos das paredes, ou cortinas, que devem ser considerados nos cálculos de verificação são as flechas das linhas elásticas. Podem ser flexíveis, quando os deslocamentos da parede influenciam a distribuição de tensões aplicadas pelo maciço, ou rígidas, quando esses deslocamentos podem ser desprezados. As ancoragens, barras ou tirantes tracionados, são embutidas no maciço perpendicularmente à cortina com objetivo de contrapor os esforços produzidos pelos empuxos. Os tirantes podem ser definitivos ou provisórios, esses últimos são empregados quando, após a finalização da obra, a estrutura é apoiada ou ancorada em estruturas definitivas (RANZINI; NEGRO, 1998, p. 509). Quando os tirantes são definitivos, segundo Saes et al. (1998, p. 522), deve-se prevení-los contra corrosão.

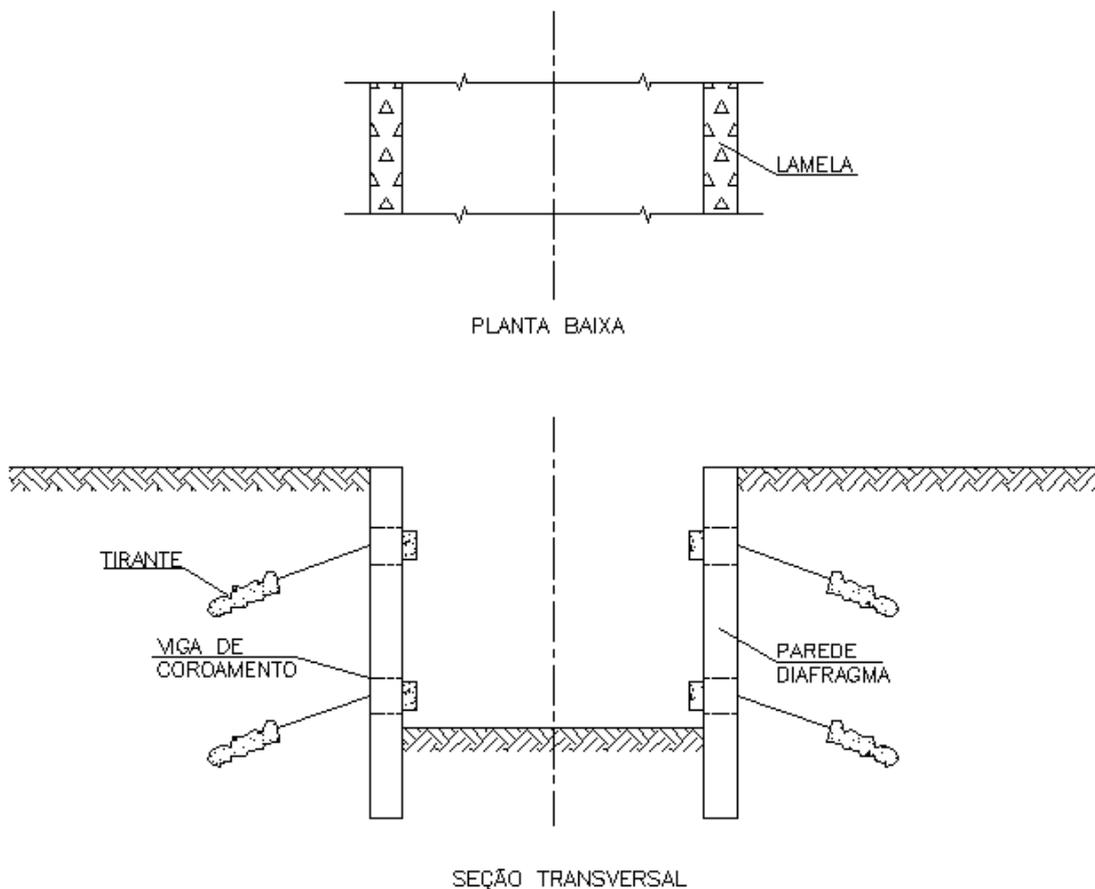
4.2 PAREDE DIAFRAGMA

De acordo com Ranzini e Negro (1998, p. 507):

Paredes diafragma são caracterizadas pela concretagem submersa feita com tremonha em trincheiras escavadas, relativamente estreitas, cuja estabilidade, durante a escavação, é obtida pela introdução de uma suspensão de 'bentonita' em água. A suspensão estabilizante, denominada 'lama bentonítica', permite a introdução de armadura e o enchimento da escavação com concreto. As paredes diafragma são construídas em trechos contíguos de comprimentos da ordem de 2 a 3 m, os quais são escavados sucessivamente ou alternadamente [...]

A planta baixa e a representação em corte de uma parede diafragma estão ilustradas na figura 17.

Figura 17 – Planta baixa e seção de uma parede diafragma



(fonte: adaptado de RANZINI; NEGRO, 1998, p. 507)

A execução da parede diafragma, segundo Saes et al. (1998, p. 526) não provoca vibrações e não desconfinam o terreno adjacente. Pode ser executada em tipos de solo variáveis e níveis de lençol freático também variáveis. Outras vantagens, citadas pelos mesmos autores, são que

este tipo de estrutura de contenção evita o fluxo de água para o interior da escavação, pode possuir espessuras e alturas variáveis, gera conformidade com o perímetro contido, qualquer tipo de escoramento pode ser utilizado e permite relativa facilidade, segurança e economia. No entanto, existem algumas desvantagens como a utilização de equipamentos pesados e de grande porte e a impossibilidade de executar esta estrutura quando há matacões no solo a ser escavado.

Sendo um elemento de concreto, segue as recomendações da NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)³² para projeto. Para dimensionamento à flexão, na prática, considera-se apenas seu momento fletor máximo. Para os esforços cisalhantes, são dimensionadas como se fossem vigas e utiliza-se apenas estribos. Varia-se o diâmetro e o espaçamento da armadura ao longo da altura da parede. Deve-se projetar os estribos de modo que seja possível a passagem do tubo tremonha entre eles. Também é necessário realizar a verificação da armação quanto a abertura máxima permitida de fissuras em função das características do meio, lembrando que a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)³³ generaliza suas condições para todos os tipos de obra de concreto, deve-se tomar o cuidado de adaptar, se necessário, a verificação para o caso específico de uma parede diafragma. Sendo necessário o dimensionamento à flexo-compressão, calcula-se para este caso apenas se for mais desfavorável que o dimensionamento à flexão simples (MARZIONNA et al., 1998, p. 562).

O processo de utilização da lama bentonítica é consequência de sua propriedade tixotrópica e de sua densidade ser maior que a da água. Essas características, adicionadas com a garantia que o nível da lama esteja ao menos 1,50 m acima do nível do lençol freático, possibilitam a estabilização das paredes de escavação, impermeabilizando-as através de uma película conhecida como *cake*. A estabilidade da escavação é completa se a tensão do solo, em qualquer ponto ao longo da face de escavação, for menor ou igual a tensão admissível (MARZIONNA et al., 1998, p. 573).

Segue abaixo o processo executivo de uma estrutura de contenção do tipo parede diafragma, segundo Marzionna et al. (1998, p. 573-574):

³² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, [2014?].

³³ op. cit..

- a) execução da mureta-guia, que servirá para definir o perímetro da obra e guia para a ferramenta de escavação (*clam-shell*);
- b) escavação com simultâneo preenchimento com lama bentonítica até profundidade de projeto;
- c) troca ou tratamento da lama bentonítica para garantir as características definidas [...];
- d) colocação da chapa-junta. As juntas entre painéis são 'juntas secas' do tipo 'macho/fêmea', que são colocadas na extremidade dos painéis antes da concretagem;
- e) colocação da armadura;
- f) concretagem submersa. O concreto é lançado no fundo da escavação através dos tubos de concretagem (tubo tremonha); à medida que o concreto sobe, o tubo tremonha, que deve ter sua extremidade sempre imersa no concreto, vai também sendo levantado;
- g) o concreto usado em parede-diafragma deve ter um consumo de cimento de 400 kg por metro cúbico, ser confeccionado com brita 1 e *slump* variando entre 18 e 22, conforme especificado na NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)³⁴;
- h) retirada da chapa-junta, que deverá acontecer assim que o concreto iniciar o seu processo de pega.

4.3 ESTRONCAS

As estroncas são elementos, geralmente, metálicos. Seu uso limita-se a situações nas quais a distância entre paramentos é menor que 12 m. Suas vantagens são que não invadem os terrenos adjacentes e são reutilizáveis. Como desvantagem existe a dificuldade de realizar a escavação onde estão locadas e a interferência com a execução da estrutura final. Se necessário, pode-se executar contraventamentos e apoios intermediários para auxiliar na sustentação do seu peso próprio (SAES et al., 1998, p. 521).

Para cálculo de dimensionamento são submetidas à flexo-compressão. Quando há desequilíbrio dos empuxos entre os dois lados da escavação, há possibilidade de pré-comprimir as estroncas, induzindo os deslocamentos da parede para o lado contrário ao da escavação (MARZIONNA et al., 1998, p. 563). Para fins de cálculos de estabilidade em paredes estroncadas, aproxima-se os deslocamentos por translações ou rotações em torno do topo, assim as tensões são redistribuídas por efeito de arqueamento (MARZIONNA et al., 1998, p. 546).

³⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, [2010?].

Paredes diafragma, quando executadas com vários níveis de estroncas, se comportam como paredes flexíveis considerando as deformações que sofrem na ficha durante as fases de escavação. Para limitar esses deslocamentos e obter uma parede rígida, uma das alternativas é limitar os vãos entre as estroncas (MARZIONNA et al., 1998, p. 549).

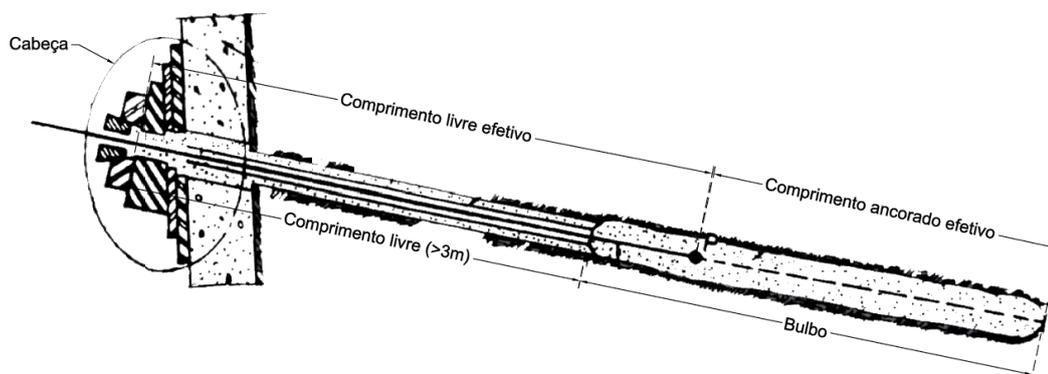
4.4 TIRANTES

Conforme Yassuda e Dias (1998, p. 603):

[...] o tirante é um elemento linear capaz de transmitir esforços de tração entre suas extremidades: a extremidade que fica fora do terreno é a cabeça e a extremidade que fica enterrada é conhecida por trecho ancorado, e designada por comprimento ou bulbo de ancoragem. O trecho que liga a cabeça ao bulbo é conhecido por trecho livre ou comprimento livre (L_L).

Normalmente, segundo Yassuda e Dias (1998, p. 603-604), os tirantes (figura 18) são formados por barras, fios ou cordoalhas de aço, por ser um material que resiste bem à tração. A cabeça é responsável por escorar a estrutura, suas peças – porcas, clavetes, botões ou cunhas – também são de aço. O bulbo, responsável pela ancoragem e por transmitir às cargas ao terreno, é formado por uma nata de cimento aderida ao aço e ao solo. E o trecho livre, que deve possuir uma proteção – graxa, tubo ou mangueira de plástico, bandagem de material flexível, etc. – que isole o aço da calda de cimento, liga a cabeça ao bulbo. Este trecho deve possuir comprimento mínimo de 3,0 m.

Figura 18 – Tirante



(fonte: YASSUDA; DIAS, 1998, p. 604)

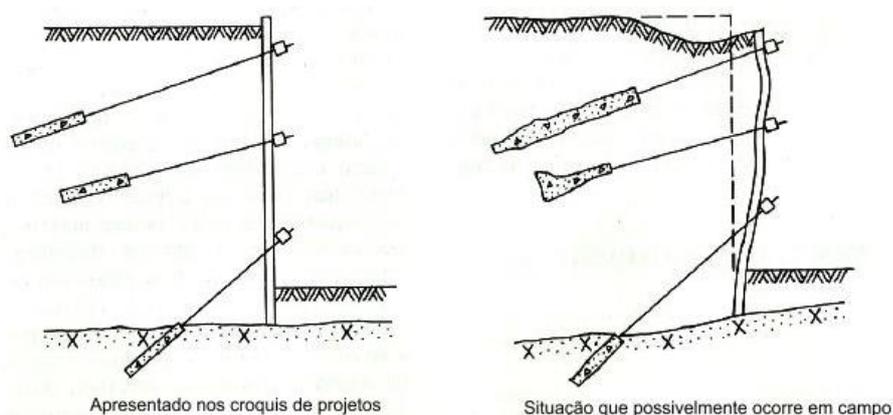
O tirante possui a função de transmitir os esforços externos de tração, aplicados na cabeça e transferidos para o bulbo através do trecho livre, para o terreno. O aço deve, além de suportar com segurança adequada o escoamento, possuir proteção contra corrosão. O bulbo não deve romper por arrancamento e nem sofrer grandes deformações (YASSUDA; DIAS, 1998, p. 604).

Os tirantes, de acordo com Yassuda e Dias (1998, p. 604-607), suportam elevadas cargas, são estruturas autoportantes, impedem deformações do solo já com a aplicação inicial, são testados individualmente e são de simples instalação. No entanto, seu comprimento pode atingir o terreno adjacente, as elevadas pressões na injeção dos tirantes podem provocar deslocamentos induzidos no solo, os tirantes muito longos tendem a superar os limites de atrito indicados pela norma, existe risco de corrosão e requer serviço especializado para execução.

5. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

A falta de cuidado ao projetar uma estrutura de contenção, pode acarretar o mal desempenho e, em alguns casos, consequências graves. Um dos motivos para realização de um monitoramento geotécnico é possuir o controle da movimentação de uma escavação contida. É possível instrumentar a estrutura de contenção, o terreno no entorno da escavação ou a própria escavação, ou as estruturas adjacentes à obra (DUNNICLIFF, 1988, p. 389, tradução nossa). As figuras 19 e 20 apresentam comparações entre o que é apresentado em croquis de projetos de engenharia e o que pode ocorrer em campo.

Figura 19 – Representação, em corte, de uma cortina ancorada por tirantes, em croqui de projeto e em campo³⁵



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 390)

Figura 20 – Representação, em corte, de uma trincheira escavada preenchida com lama bentonítica, em croqui de projeto e em campo³⁶



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 390)

³⁵ A situação em campo é apresentada de forma exagerada para destaque das possíveis deformações.

³⁶ A situação em campo é apresentada de forma exagerada para destaque das possíveis deformações.

Este capítulo apresenta a justificativa para utilização de instrumentação geotécnica em uma obra de contenção de escavação, bem como breves descrições dos métodos de monitoramentos escolhidos para obra em questão.

5.1 INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA

A NBR 8044 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 52) conceitua o projeto de instrumentação geotécnica da seguinte forma:

O projeto de instrumentação geotécnica visa a medida direta de grandezas físicas necessárias à interpretação e previsão do desempenho das obras como referência aos critérios de segurança e econômicos adotados na fase de projeto, ou segundo o estágio de conhecimentos técnicos na atualidade.

Quanto ao monitoramento, Peck³⁷ (1972 apud DUNNICLIFF, 1988, p. 199, tradução nossa) alerta para o uso da instrumentação sem que haja o monitoramento em campo, de uma pessoa qualificada para análise da situação: "Poucas são as situações nas quais medições somente com instrumento fornecem um suficiente e completo quadro que garanta uma completa conclusão.". Segundo Dunnicliff (1988, p. 3-5, tradução nossa), as pessoas, além de capazes, também devem ser pacientes, possuir uma boa base nos fundamentos da engenharia geotécnica, atenção nos detalhes e motivação. A NBR 8044 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 51-52) também compartilha desta ideia, pois em suas diretrizes de acompanhamento de desempenho da obra sugere a realização de instrumentação geotécnica e de um plano de inspeção: "[...] durante e após a construção, bem como durante a operação, [este plano] tem por finalidade observar qualquer evento, cuja análise permita medidas preventivas ou considerações especiais para segurança de obras."

Quanto ao projeto de instalação da instrumentação, deve-se seguir rigorosamente certas etapas, a falta de alguma delas pode comprometer a qualidade do mesmo (DUNNICLIFF, 1988, p. 37-44, tradução nossa):

- a) definir as condições de projeto (familiarizar-se com o *layout* do projeto, caracterização geotécnica, nível do lençol freático, etc.);

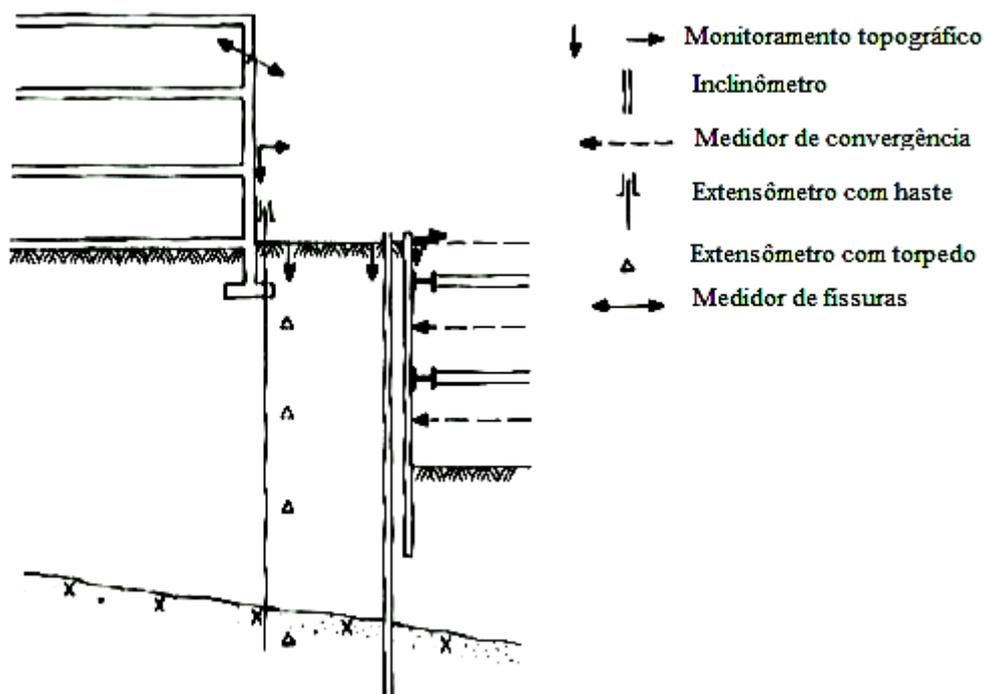
³⁷ PECK, R. B. Observation and Instrumentation: some elementary considerations. In: U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (Org.). Highway focus. United States of America: Federal Highway Administration, 1972. v. 4, No. 2. p. 1-5.

- b) prever os mecanismos que possam verificar o comportamento do solo ou da rocha;
- c) definir as questões que devem ser respondidas com a instrumentação;
- d) definir a proposta da instrumentação (não se deve instalar instrumentação imprópria ou desnecessária ao projeto);
- e) determinar os parâmetros de projeto mais significantes ao monitoramento (poropressão, tensão, deformação, etc.);
- f) prever as magnitudes do movimento (a instrumentação instalada deve possuir sensibilidade ou acurácia suficientes para leitura dos dados monitorados);
- g) prever possíveis soluções para problemas que possam surgir a partir dos resultados do monitoramento;
- h) atribuir tarefas para cada um dos envolvidos (construtora, contratada para realização do projeto, pessoas responsáveis pelo monitoramento, etc.);
- i) escolher a instrumentação e sua locação;
- j) realizar um relatório de acompanhamento do monitoramento (os dados brutos obtidos pela leitura dos instrumentos não são suficientes para chegar a uma conclusão);
- k) estabelecer aspectos que assegurem que o instrumento está em seu correto funcionamento;
- l) listar a função específica de cada instrumento (se o instrumento não possui função, deve ser descartado);
- m) orçar e especificar os instrumentos a serem adquiridos;
- n) planejar a instalação, a calibração e a manutenção regular dos instrumentos;
- o) planejar quando os dados devem ser coletados e interpretados.

Segundo a NBR 8044 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 16), o controle de uma obra de escavação deve ser realizado por meio de instrumentação geotécnica e nivelamento topográfico. Somente a partir dos resultados obtidos com este monitoramento que o engenheiro possui capacidade de determinar o comportamento da escavação em questão. Para escolha da instrumentação deve-se determinar os parâmetros críticos e complementares a serem medidos, as condições do subsolo, as condições ambientais, a mão de obra e os recursos disponíveis, a necessidade de aquisição de dados automáticos, a duração, a qualidade e o desempenho da instrumentação (SLOPE INDICATOR, 2004, p. 2, tradução nossa). Segue a instrumentação que pode ser utilizada para prever instabilidades em uma escavação contida por uma cortina (figura 21) (DUNNICLIFF, 1988, p. 394, tradução nossa):

- a) medições topográficas: monitoramento de deslocamentos superficiais (leitura de deslocamentos do solo, do topo da cortina ou de estruturas adjacentes);
- b) medidores de fissuras: caso haja o aparecimento de fissuras nas estruturas monitoradas;
- c) inclinômetros ou extensômetros: monitoramento de deslocamentos subterrâneos (podem indicar a causa de deslocamentos superficiais).

Figura 21 – Layout de um projeto de monitoramento geotécnico



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 395)

5.2 MONITORAMENTO TOPOGRÁFICO

O monitoramento topográfico é, essencialmente, composto por uma estação total e por pontos de controle. A estação total realiza leituras de deslocamentos absolutos dos pontos de controle. Estes são fixados no local que, possivelmente, sofre o deslocamento. A diferença entre a leitura topográfica inicial e as subsequentes permite a determinação dos deslocamentos relativos da estrutura (DUNNICLIFF, 1988, p. 199-206, tradução nossa).

As medições topográficas têm evoluído positivamente nos últimos 25 anos: inicialmente as medições eram realizadas por instrumentação puramente óptica e as medidas de distância eram executadas manualmente. Na atualidade, a instrumentação utilizada é capaz de calcular

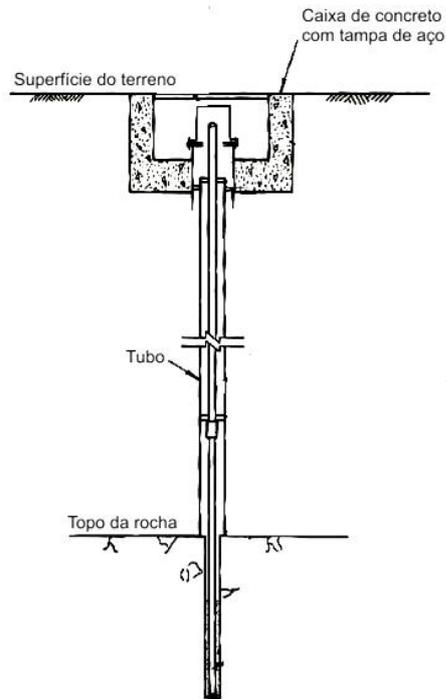
a correta localização dos pontos baseando-se em coordenadas já programadas no próprio instrumento (HOPE; CHUAQUI, 2008, p. 28, tradução nossa).

Este método possibilita o monitoramento da magnitude e da variação de deformações superficiais, tanto horizontal quanto vertical. Pode ser utilizada para medições de deslocamentos de estruturas, de superfícies de terrenos, do subsolo quando acessível, entre outros e em diversas condições de obra. Ele é substituído somente quando se deseja maior acurácia ou quando pontos inacessíveis desejam ser medidos. Também é usual utilizá-lo junto a outros instrumentos de monitoramento, para que seja possível correlacionar as leituras. A acurácia deste tipo de medição está diretamente ligada à experiência do topógrafo que realiza as leituras e à calibração do instrumento (DUNNICLIFF, 1988, p. 199, tradução nossa).

Sob ótimas condições em campo e com mão de obra de alto padrão, a acurácia pode atingir, em média, ± 1 a ± 2 mm. No entanto, as estações totais padrão possuem acurácia de aproximadamente ± 5 segundos, para medidas angulares, e ± 3 mm, para medidas eletrônicas de distância. Isto ocorre, pois são pouco robustas e, conseqüentemente, são afetadas facilmente pelo vento, por vibrações ou outras variáveis de campo. Uma estação total com acurácia ideal, para monitorar uma situação comum, é aquela que possui ± 1 segundo, para medidas angulares, e ± 1 mm a cada 100 m de distância (HOPE; CHUAQUI, 2008, p. 28-29, tradução nossa).

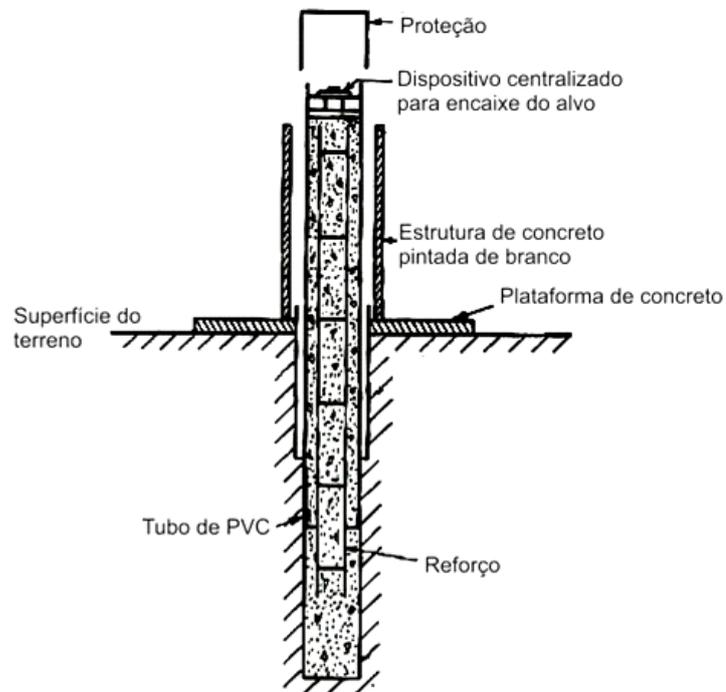
Os pontos de controle de um monitoramento topográfico podem ser adaptados para a necessidade de leitura dos deslocamentos, no entanto devem ser estáveis. Usualmente são utilizados *benchmarks* para monitoramento dos deslocamentos verticais (figura 22), marcos de referência para medição de deslocamentos horizontais (figura 23), chapas de aço para o monitoramento de estruturas ou simples pinos ou marcas de tinta, contando que permaneçam durante todo o monitoramento (DUNNICLIFF, 1988, p. 206-208, tradução nossa).

Figura 22 – Benchmark



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 207)

Figura 23 – Marco de referência



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 207)

5.2.1 Procedimento executivo de um monitoramento topográfico

Quanto ao procedimento executivo de um monitoramento topográfico, existem dois pontos importantes a ser destacados (HOPE; CHUAQUI, 2008, p. 29, tradução nossa):

- a) deve-se realizar medições topográficas antes de iniciar a obra: assim é possível prever qualquer movimentação crítica e evitar que ela venha ocorrer durante os trabalhos;
- b) deve-se incluir nas anotações de campo a temperatura ou outras variáveis geotécnicas ou climáticas, que possam vir a impactar no resultado do monitoramento.

O plano de monitoramento deve seguir uma lógica cronológica, como por exemplo, as fases da obra. Os locais de fixação dos pontos que servem de alvo para medições e dos pontos que servem como referência para instalação da estação total devem ser planejados. Isto evita que nos dias de leitura haja interferências de maquinário, vibrações, poeira, enfim, qualquer possível obstrução. Como já mencionado, a instalação da base de pontos de referência deve ser planejada para acontecer antes do início da obra, evitando que sejam perdidos quaisquer dados de leitura de movimentações (HOPE; CHUAQUI, 2008, p. 29, tradução nossa).

Os pontos de instalação da estação total, no dia da realização das leituras, são chamados de estações de monitoramento. Eles devem ser fixados no entorno do terreno monitorado, para que não sofram qualquer perturbação, e devem ser em, no mínimo, quatro pontos. Os pontos de controle devem ser protegidos das atividades construtivas e do público em geral, pois danificá-lo ocasiona a sua troca e a perda de continuidade das leituras. Além destes pontos, existem os pontos temporários, os quais servem para transportar a estação total de uma zona que esteja obstruindo a visão dos pontos para uma zona que eles estejam visíveis. É aconselhável, neste caso, a realização de leituras redundantes, ou seja, mais de uma leitura no mesmo ponto, para que durante a análise dos dados seja possível calcular a média entre elas (HOPE; CHUAQUI, 2008, p. 29-30, tradução nossa).

5.2.2 Possíveis erros em um monitoramento topográfico

Hope e Chuaqui (2008, p. 30, tradução nossa) apresentam alguns erros que podem impactar no resultado final do monitoramento topográfico. No entanto, adicionam que atentando aos

detalhes, executando com cuidado e com um planejamento proativo esses erros podem ser corrigidos ou amenizados.

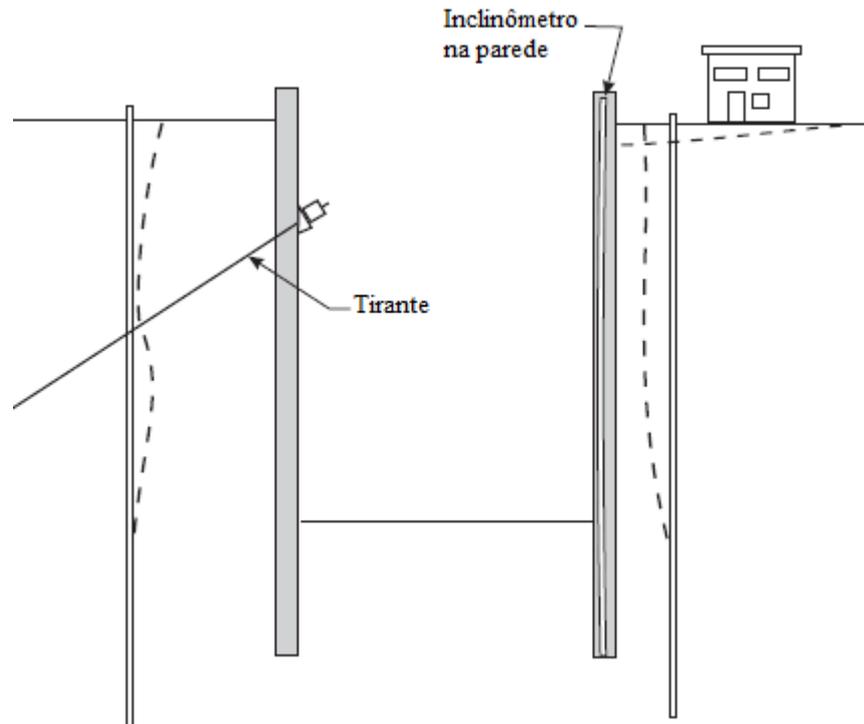
As possíveis complicações que podem vir ocorrer durante um monitoramento topográfico são durante a observação, na compensação das leituras, na calibração, na vibração, no desvio de leitura, na instrumentação em falso ou fora de prumo ou na ocorrência de refração.

5.3 INCLINÔMETROS

Inclinômetros podem verificar os deslocamentos horizontais subterrâneos em obras de estabilidade de taludes, de cortes, de aterros, de estruturas de contenção, em quedas de blocos de rocha ou em testes de deslocamentos em estacas. Suas medições têm como função avaliar a estabilidade de um talude ou de um aterro, determinar a necessidade e o momento da realização de medidas corretivas à obra e verificar o comportamento e a segurança de estruturas de contenção (SLOPE INDICATOR, 2004, p. 14-15, tradução nossa). Além do mais, Dunncliff (1988, p. 251, tradução nossa) acrescenta que medições realizadas por inclinômetros podem identificar zonas, ou superfícies, de ruptura.

Em estruturas de contenção do tipo parede diafragma, o inclinômetro pode ser utilizado para verificar se os deslocamentos da estrutura estão dentro dos limites de projeto ou se estruturas adjacentes estão sendo afetadas pela movimentação do terreno e para determinar se a estrutura está respondendo a colocação dos tirantes ou das estroncas. A figura 24 apresenta um croqui exemplificando a instalação de inclinômetros em uma obra de escavação, contida com parede diafragma e com estruturas adjacentes. Em pontilhado, o esboço do resultado da leitura do inclinômetro. O instrumento pode ser instalado tanto no interior da parede diafragma quanto no solo próximo a ela, ou entre ela e a estrutura vizinha (SLOPE INDICATOR, 2004, p. 15, tradução nossa).

Figura 24 – Croqui de instalação de inclinômetros em uma escavação



(fonte: adaptado de SLOPE INDICATOR, 2004, p. 15)

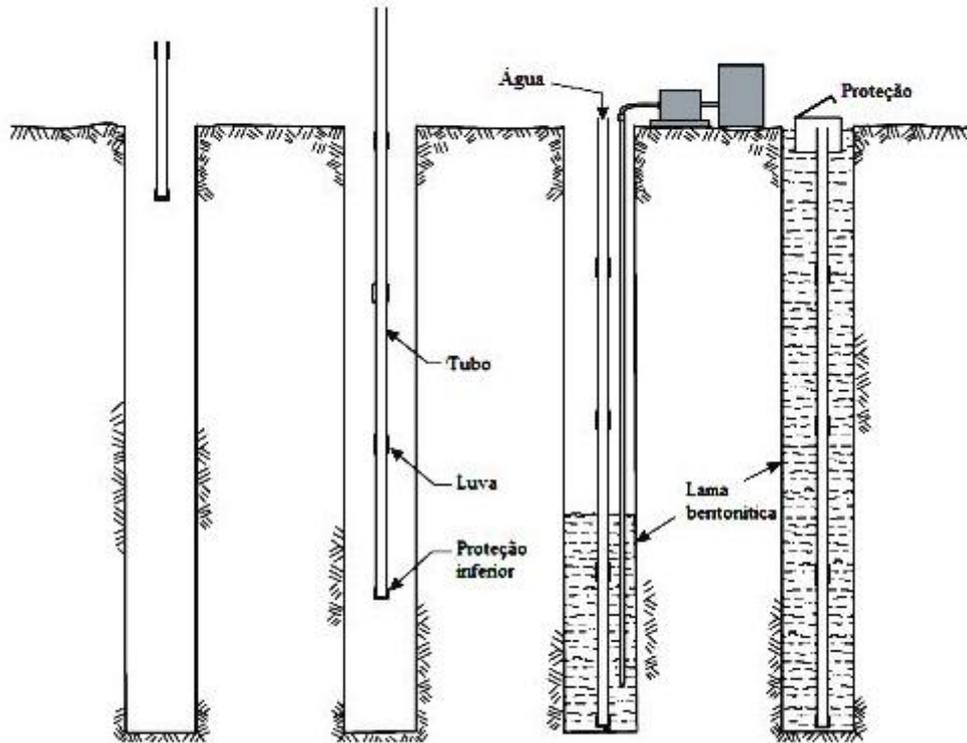
Este tipo de monitoramento permite avaliar o progresso temporal da deformação do solo. Normalmente, realiza-se a análise das leituras através de um gráfico de deformação *versus* profundidade, comparando as diversas leituras em relação ao tempo (DUNNICLIFF, 1988, p. 266, tradução nossa).

5.3.1 Procedimento executivo de um monitoramento com inclinômetro

Os inclinômetros podem ser fixos (quando há necessidade de monitoramento contínuo) ou portáteis. O procedimento de instalação, figura 25, é idêntico para ambos os instrumentos (SLOPE INDICATOR, 2004, p. 39-41, tradução nossa):

- a) o solo deve ser perfurado onde há indícios de instabilidade, até atingir a profundidade de projeto (entorno de 5 metros abaixo da superfície da camada de solo estável);
- b) um tubo, que serve de guia para o inclinômetro, deve ser inserido no furo (se indica que as ranhuras existentes no tubo estejam orientadas no sentido do possível movimento);
- c) o espaço entre o furo e o tubo deve ser preenchido com lama bentonítica ou material com função semelhante.

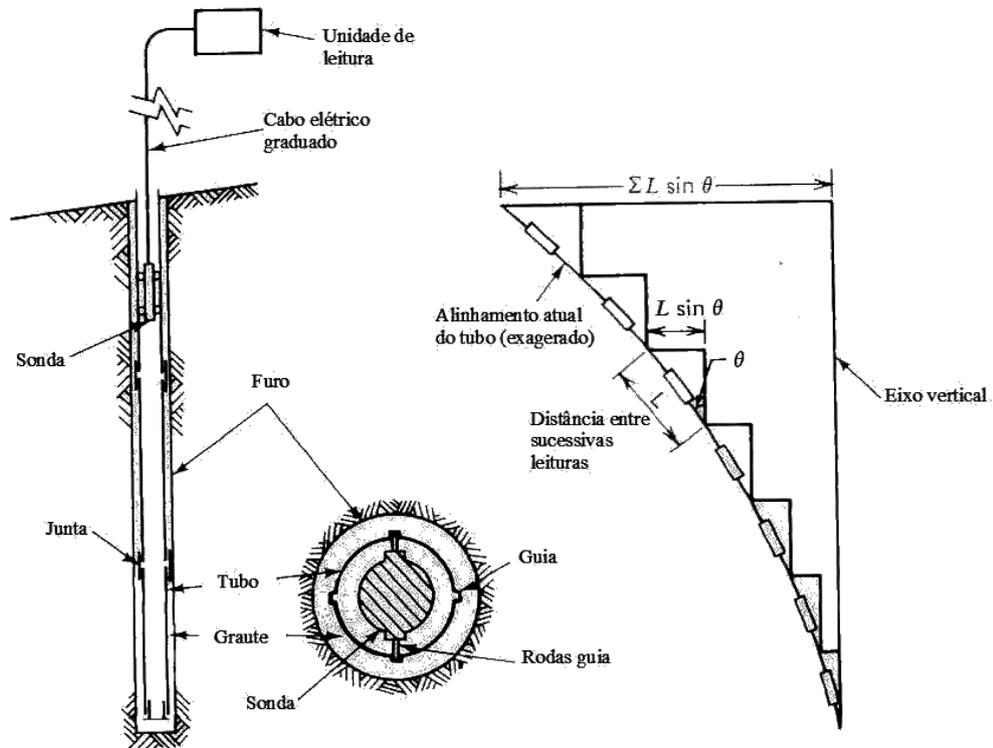
Figura 25 – Procedimento executivo de instalação do inclinômetro



(fonte: adaptado de SLOPE INDICATOR, 2004, p. 40)

O inclinômetro portátil é composto por um torpedo portátil, equipado com pequenas rodas que auxiliam na trajetória no interior do tubo, por um cabo graduado e por um leitor portátil. Este sistema permite a elaboração do perfil detalhado do furo: coleta-se leituras da inclinação do furo em um intervalo de 0,50 m, que inicia na base e é finalizada no topo do tubo. O torpedo deve ser rotacionado 180° para realizar uma segunda leitura de verificação (SLOPE INDICATOR, 2004, p. 16, tradução nossa). Os componentes do instrumento e a ilustração de como é realizada a interpretação de sua leitura estão apresentados na figura 26.

Figura 26 – Componentes de um inclinômetro e modo de interpretação dos dados



(fonte: adaptado de DUNNICLIFF, 1988, p. 252)

O perfil do subsolo, apresentado pelo inclinômetro, se altera quando ocorrem movimentações. É comum que os perfis sejam plotados lado a lado para que se identifique a magnitude do movimento, sua profundidade, sua direção e sua variação. A acurácia de um inclinômetro portátil é de ± 6 mm a cada 25 m (SLOPE INDICATOR, 2004, p. 16-17, tradução nossa).

5.3.2 Possíveis erros em um monitoramento com inclinômetro

De acordo com Dunicliff (1988, p. 255-258, tradução nossa), vários fatores podem afetar a precisão das leituras de um inclinômetro. Entre eles, a precisão do sensor, o alinhamento do tubo guia, as condições de uso das pequenas rodas, o diâmetro do tubo, a execução do furo, os possíveis movimentos em espiral, a repetição da leitura em uma mesma posição, intervalos diferentes entre as leituras, o efeito térmico e o cuidado na manipulação do torpedo.

6. CONSIDERAÇÕES DE CAMPO

A obra de escavação do subsolo estudada no presente trabalho, se localiza na cidade de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, figura 27. Com o intuito de monitorar os deslocamentos da estrutura de contenção do tipo parede diafragma ancorada com tirantes provisórios, foi elaborado para a obra, um plano de monitoramento com instrumentação geotécnica. O terreno se situa em uma das principais vias da capital em termos de mobilidade urbana e utilização pública. A movimentação de terra nesta região pode resultar em consequências ao conforto e à segurança tanto para as estruturas que circundam o local – edificações residenciais e comerciais de pequeno e médio porte com fundações rasas e ramificações de galerias subterrâneas contribuintes do conduto forçado Álvaro Chaves – como para a população que a frequenta com fins diversos – geração de renda, lazer, comércio, etc.

Figura 27 – Localização da obra



(fonte: adaptado de GOOGLE EARTH, 2013)

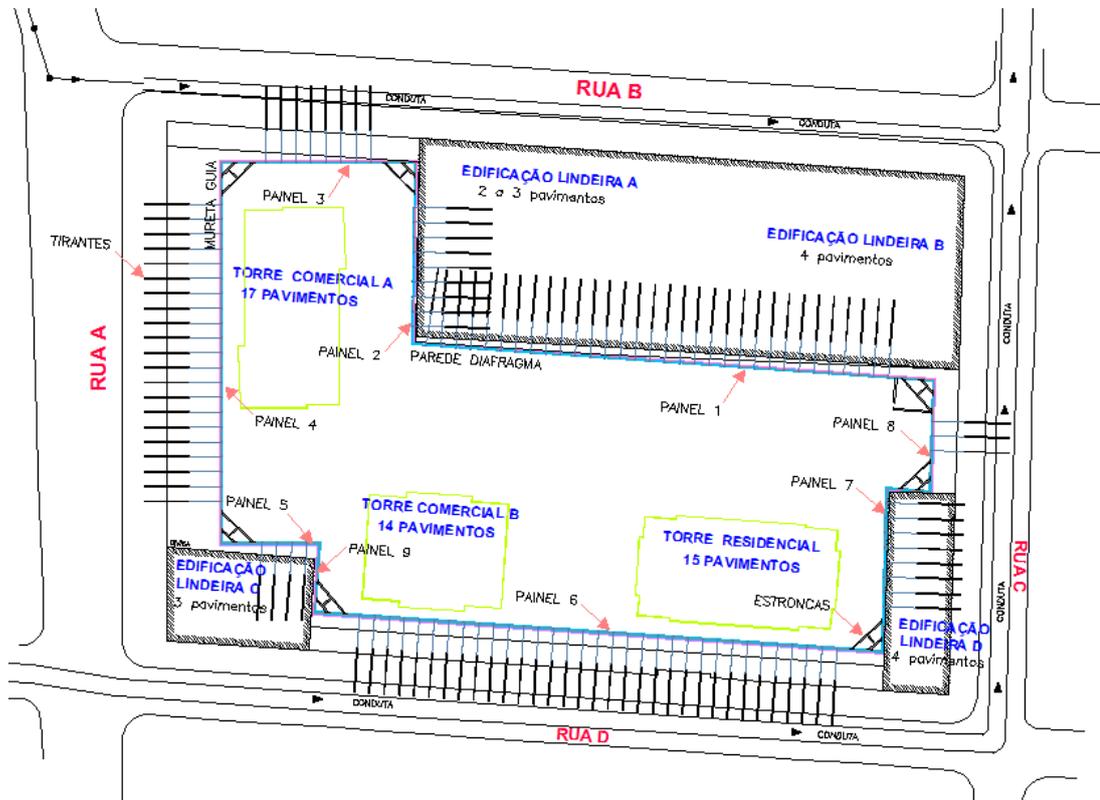
O solo da região é composto, segundo 12 boletins de sondagens SPT do ano de 2012, por uma camada de solo aluvionar, de aproximadamente 7 m de espessura, seguido de solo residual, de espessura variável (de 2 a 7 m), até atingir o impenetrável. O nível de água no terreno é de aproximadamente 3 m abaixo da superfície.

Neste capítulo são apresentadas as informações necessárias para entendimento da obra. Entre elas estão: o procedimento executivo da escavação, as características construtivas da parede diafragma utilizada para conter a escavação e a metodologia utilizada na análise numérica proposta para prever os deslocamentos desta estrutura de contenção e seu resultado.

6.1 A OBRA

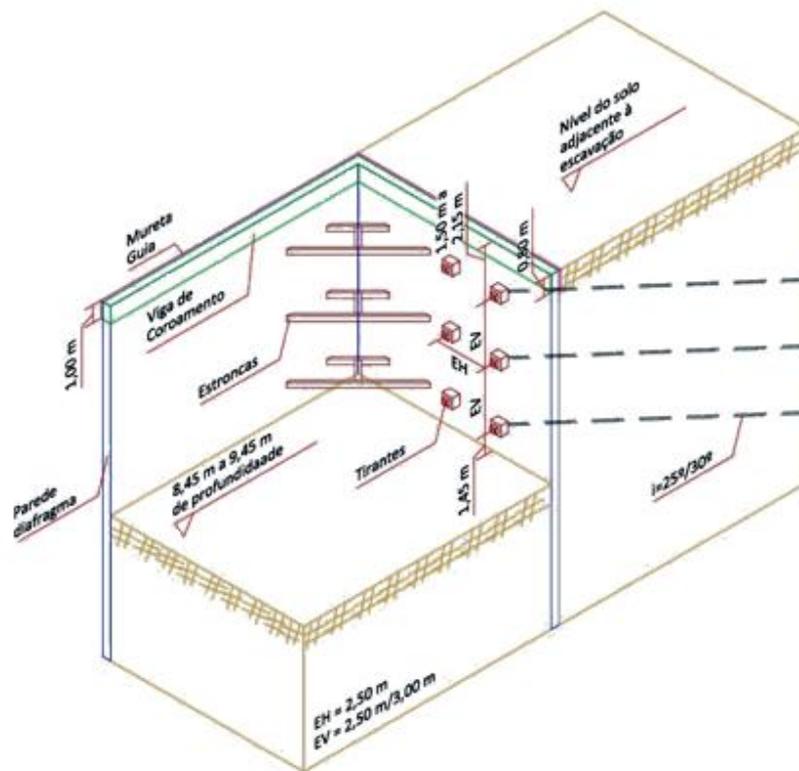
O objetivo da obra foi a construção de três edificações de grande porte, sendo duas torres comerciais e uma torre residencial. Cada torre possui aproximadamente 15 pavimentos. A área de estacionamento das edificações foi executada em três níveis de subsolo, portanto, foi necessária a realização de uma escavação de aproximadamente 10 m de profundidade, podendo variar conforme o local. O alívio de tensões, provocado no solo adjacente à escavação, foi contido por uma parede diafragma de aproximadamente 16 m de altura e 0,40 m de espessura, a qual circundou o perímetro de toda área escavada. Os tirantes foram injetados em três linhas espaçadas 3,00 m entre si, no entanto em dois pontos distintos foi necessário espaçamento vertical de 2,50 m para desvio de ramificações contribuintes ao conduto forçado Álvaro Chaves. O espaçamento horizontal entre os tirantes era de 2,50 m. Nos encontros entre duas paredes, foram utilizadas estroncas metálicas para travamento da estrutura, também posicionadas em três linhas distantes 3,00 m entre si. A figura 28 apresenta a planta baixa do terreno com a solução da estrutura de contenção. A figura 29 apresenta um esquema isométrico da solução.

Figura 28 – Planta baixa do terreno com a solução da estrutura de contenção



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 29 – Solução para contenção do solo escavado



(fonte: elaborado pela autora)

Para fins de identificação do comportamento da estrutura no monitoramento geotécnico, a parede diafragma foi distribuída em nove painéis, como mostrado na figura 28. A obra ainda foi subdividida em oito fases:

- a) fase 1: escavação do primeiro nível;
- b) fase 2: protensão da primeira linha de tirantes;
- c) fase 3: escavação do segundo nível;
- d) fase 4: protensão da segunda linha de tirantes;
- e) fase 5: escavação do terceiro nível;
- f) fase 6: protensão da terceira linha de tirantes;
- g) fase 7: escavação do quarto nível;
- h) fase 8: elevação da superestrutura.

O nível de escavação, exceto o 4º nível, se refere à cota de até 0,50 m abaixo da linha de tirantes, aproximadamente 2,50 metros de profundidade de escavação. O 4º nível se refere ao nível final de escavação. As linhas de tirantes foram ordenadas de cima para baixo, isto é, a primeira linha de tirantes se refere a linha mais próxima da superfície do terreno. A elevação da superestrutura engloba a execução do terceiro ao primeiro subsolo. É importante salientar que o instrumento para monitoramento do painel 8 não foi instalado e o painel 9 não constava no plano de monitoramento.

6.2 PAREDE DIAFRAGMA ANCORADA COM TIRANTES PROVISÓRIOS

A parede diafragma, figura 30, foi executada com concreto de resistência mínima de 25 MPa e foi armada com aço CA-50. A sequência executiva desta estrutura de contenção seguiu a especificada no item 4.2. Foi utilizado o equipamento *clam shell*, figura 31, para escavação das lamelas. A mureta guia de concreto armado com resistência de 15 MPa, foi executada com espessura de 0,10 m e altura de aproximadamente 1,00 m, as figuras 28 e 29 apontam para sua localização junto a solução. As lamelas foram executadas de forma alternada, sendo distinguidas entre painéis de abertura (primeiras lamelas a serem executadas, com comprimento de 2,50 m cada), painéis sequenciais (lamelas intermediárias, com 2,50 m de comprimento) e painéis de fechamento (últimas lamelas a serem executadas, com comprimento variável). A viga de coroamento executada no topo da parede, antes da

escavação do terreno, para distribuição das cargas, possuía 0,80 m de altura. A ordem de execução da estrutura de contenção foi a seguinte: painel 4, 3, 2, 1, 5, 6, 8, 7 e 9.

Figura 30 – Estrutura de contenção do tipo parede diafragma ancorada com tirantes provisórios



(fonte: foto da autora)

Figura 31 – *Clam shell*: equipamento utilizado para escavação das trincheiras da parede diafragma monitorada



(fonte: foto da autora)

Após executada a parede diafragma, no decorrer da escavação, foram sendo instaladas linhas de tirantes e de estroncas metálicas para travamento provisórios, figura 32. Estas estruturas de ancoragem foram desativadas após concluído o travamento da parede diafragma nos níveis do térreo, do 1º subsolo e do 2º subsolo. A tabela 2 apresenta, de maneira resumida, as especificações construtivas dos tirantes provisórios. Os tirantes eram compostos por cordoalhas (a quantidade variava com a carga de trabalho do tirante), por uma chapa de aço (as dimensões também variavam com a carga de trabalho do tirante) e por uma cunha de grau. Já as estroncas metálicas eram compostas por perfis I (variavam a espessura conforme a linha de instalação) que foram fixados na parede por chapas metálicas e chumbadores.

Figura 32 – Tirantes e estroncas utilizados para ancorar a parede diafragma monitorada



(fonte: foto da autora)

Tabela 2 – Especificações construtivas dos tirantes provisórios

TIRANTE	Inclinação (°)	Comprimento (m)		Carga de trabalho (tf)
		Livre	Ancorado	
Primeira linha	25/30	12,0	10,0	60
Segunda linha	25/30	10,0	12,0	70
Terceira linha	25/30	8,0	12,0	80

(fonte: elaborado pela autora)

6.3 ANÁLISE NUMÉRICA

Para previsão dos deslocamentos da estrutura de contenção, a fim de entender o possível comportamento da estrutura em campo e de verificar se os deslocamentos em campo estavam dentro da magnitude esperada, foi realizada uma simulação numérica. A análise foi baseada nos parâmetros do solo e nas propriedades mecânicas da estrutura de contenção. Para avaliação do desempenho da estrutura de contenção fez-se necessário determinar parâmetros de resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito interno), de deformabilidade (módulo de elasticidade) e de condutividade hidráulica do solo. Como o trabalho não tem como objetivo detalhar o procedimento utilizado para realização da análise numérica, neste item são apenas apresentados seus resultados.

A partir dos ensaios de caracterização determinou-se a natureza areno-siltosa do solo aluvionar: 60% das partículas se caracterizam como areias e 35% se caracterizam como silte e argila. Classificou-se também o solo residual de granito como uma areia silte-argilosa: 70% das partículas se caracterizam como areias e 20% se caracterizam como silte e argila.

Portanto, a partir dos resultados dos ensaios e de informações de projeto da estrutura de contenção, obteve-se os dados de entrada para a análise numérica (tabela 3). A análise numérica utilizou um modelo elastoplástico com critério de ruptura de Mohr Coulomb e direção do vetor de deformação plástica com base no ângulo de dilatância do material.

Tabela 3 – Dados de entrada para realização da análise numérica

Parâmetro de entrada	Solo	
	Aluvionar	Residual
Peso específico aparente natural (γ)	16,3 kN/m ³	17,4 kN/m ³
Peso específico aparente saturado (γ_{sat})	20,1 kN/m ³	21,0 kN/m ³
Ângulo de atrito (ϕ')	27°	28,3°
Coesão (c')	3,9 kPa	2,8 kPa
Módulo de elasticidade (E)	10 MPa	17 MPa
Coefficiente de Poisson (V)	0,20	0,20
Coefficiente de condutividade hidráulica (k)	8,64x10 ⁻³ m/s	8,64x10 ⁻³ m/s
Propriedades mecânicas de entrada	Parede Diafragma	
Rigidez (EA)	1,28x10 ⁷ kN/m	
Rigidez (EI)	1,706x10 ⁵ kNm ² /m	
Peso (w)	1,5 kN/m/m	
Coefficiente de Poisson (V)	0,2	
Propriedades mecânicas de entrada	Tirantes	
Rigidez (EA)	1,155x10 ⁵ kN	
F _{tração}	1017 kN	
F _{compressão}	100 kN	

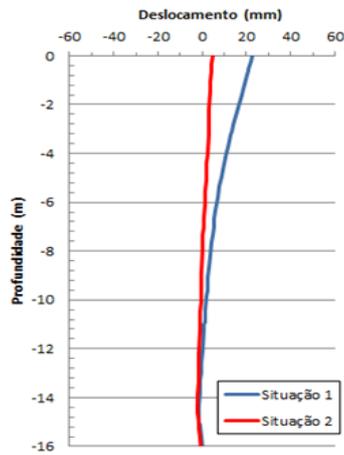
(fonte: trabalho não publicado³⁸)

As figuras 33 a 39 apresentam graficamente os possíveis deslocamentos horizontais da parede diafragma, resultantes da simulação numérica no decorrer das sete primeiras fases da obra de escavação, já comentadas no item 6.1. A previsão dos deslocamentos foi separada em duas situações: situação 1, considerou-se a carga de um edifício de três pavimentos próximo a escavação, e situação 2, não se considerou o carregamento de edifício. Os deslocamentos

³⁸ Banco de dados da empresa FGS Engenharia Geotécnica e Ambiental Ltda, informação fornecida em 2013.

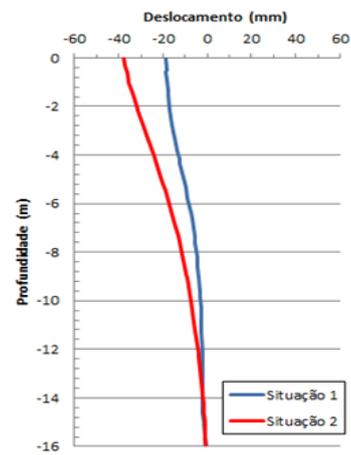
negativos são aqueles na direção oposta à escavação e os deslocamentos positivos são os deslocamentos em direção à escavação.

Figura 33 – Fase 1



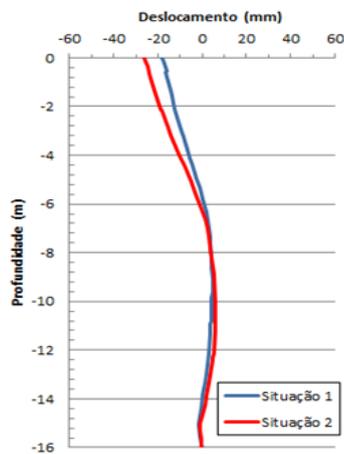
(fonte: trabalho não publicado³⁹)

Figura 34 – Fase 2:



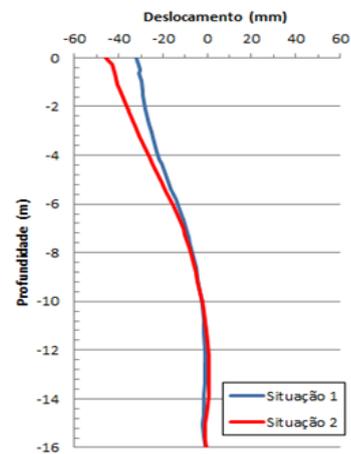
(fonte: trabalho não publicado⁴⁰)

Figura 35 – Fase 3



(fonte: trabalho não publicado⁴¹)

Figura 36 – Fase 4



(fonte: trabalho não publicado⁴²)

³⁹ Banco de dados da empresa FGS Engenharia Geotécnica e Ambiental Ltda, informação fornecida em 2013.

⁴⁰ Idem.

⁴¹ Idem.

⁴² Idem.

Figura 37 – Fase 5

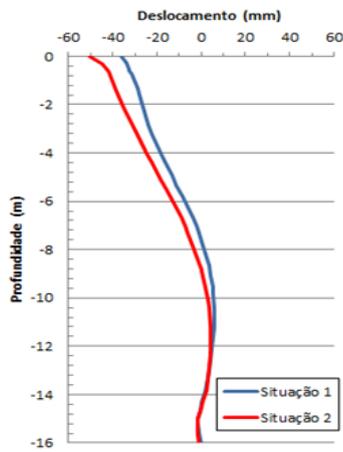
(fonte: trabalho não publicado⁴³)

Figura 38 – Fase 6

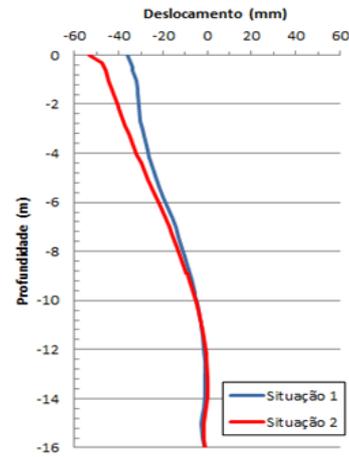
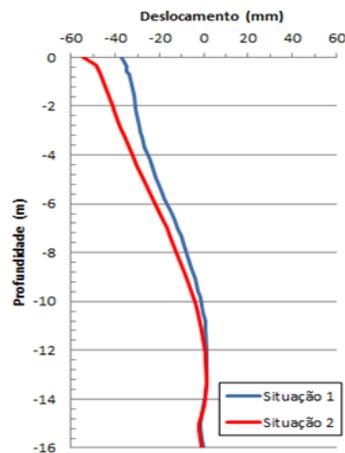
(fonte: trabalho não publicado⁴⁴)

Figura 39 – Fase 7

(fonte: trabalho não publicado⁴⁵)

No comportamento da estrutura como um todo, verificou-se que houve um alívio de tensões a cada nível de escavação executado, no entanto a magnitude deste alívio foi tornando-se menor no decorrer das fases, já que os tirantes foram sendo protendidos. A cada tirante protendido, verificou-se que a estrutura respondia rapidamente à tensão aplicada, deslocando-se na direção oposta à escavação. Além disso, os deslocamentos da estrutura no solo aluvionar demonstraram ser de maior magnitude do que os deslocamentos no solo residual, devido ao

⁴³ Banco de dados da empresa FGS Engenharia Geotécnica e Ambiental Ltda, informação fornecida em 2013.

⁴⁴ Idem.

⁴⁵ Idem.

módulo de elasticidade no solo aluvionar ser menor e permitir maiores deformações elásticas. Ainda, um embarrigamento da estrutura foi notado, já que abaixo da profundidade de 10,00 m a estrutura permaneceu praticamente indeformada e acima de 10,00 m a estrutura respondeu a todas solicitações, permanecendo ao final da análise com deslocamentos de até 55 mm para situação 2 e de até 40 mm para situação 1.

Quanto ao topo da estrutura (profundidade = 0), observou-se que a magnitude dos deslocamentos, principalmente na direção oposta à escavação, foi maior na situação 2 do que na situação 1. Isto é explicado pelo fato de existir um carregamento próximo à estrutura de contenção na situação 1, um edifício de três pavimentos. Esta sobrecarga gerou uma parcela adicional de empuxo ativo no solo (esforço no sentido da escavação) e, conseqüentemente, este empuxo impediu a ocorrência de parte dos deslocamentos opostos à escavação na situação 1. Ainda foi constatado que até a fase 4 os deslocamentos no topo da estrutura sofreram maior influência, após isto eles praticamente se estabilizaram.

7. PROJETO DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

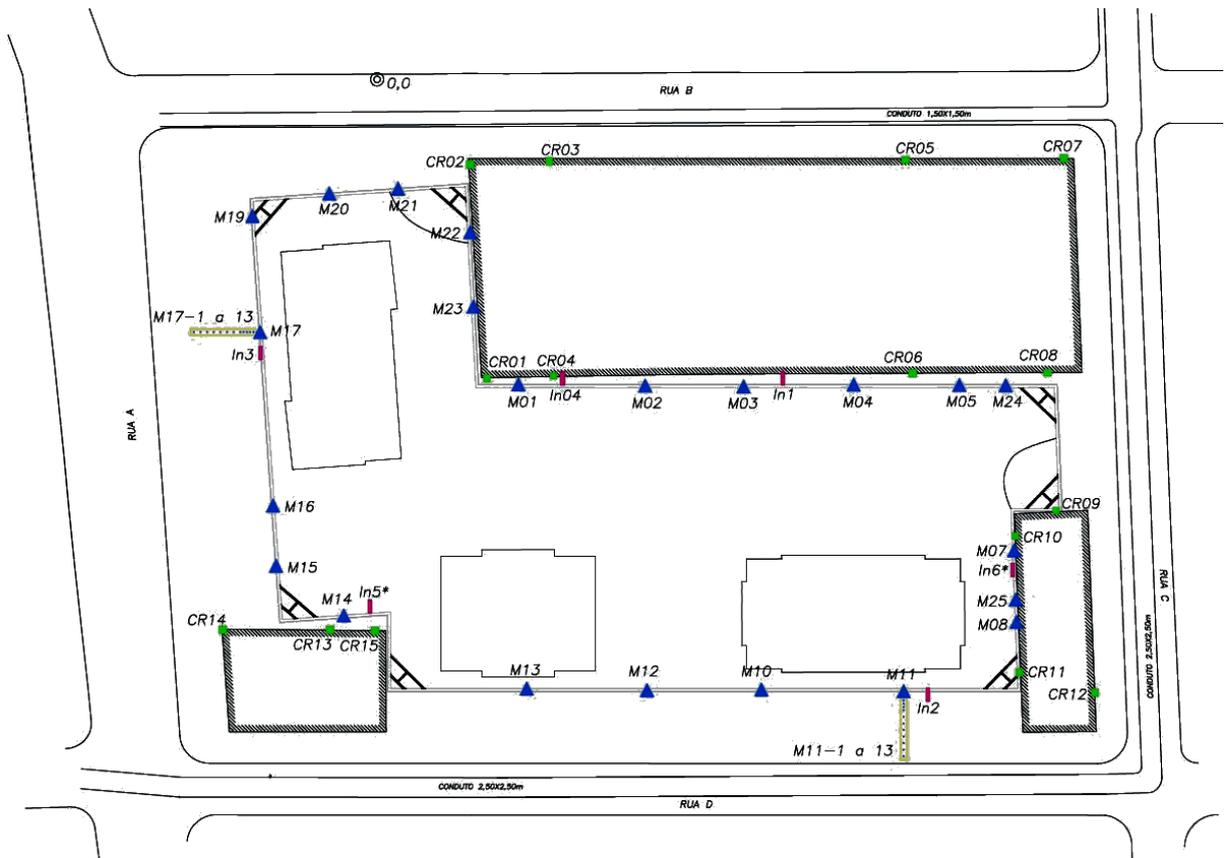
Neste capítulo é apresentado o projeto de monitoramento geotécnico que foi utilizado na obra: *layout* e detalhes da instrumentação. É importante lembrar que, além do monitoramento por instrumentação, eram realizadas visitas semanais à obra para verificação das etapas construtivas. Através do monitoramento visual, verificava-se a profundidade de escavação, a colocação e protensão dos tirantes, a colocação de estroncas, as dificuldades construtivas e as possíveis divergências ocorridas em campo em relação ao projeto e ao cronograma da obra.

7.1 LAYOUT DE PROJETO

O *layout* de projeto é apresentado na figura 40. Foram utilizados quatro inclinômetros para obtenção do perfil de deslocamentos horizontais subterrâneo do solo. Vinte e cinco marcos topográficos foram engastados no topo da parede diafragma para controle dos deslocamentos horizontais. Duas seções de nivelamento – cada uma constituída por treze marcos topográficos, ortogonais à estrutura de contenção e instalados na superfície do terreno – foram utilizadas para medição dos recalques do solo. Quinze plaquetas reflexivas foram fixadas na superfície das edificações adjacentes à escavação para medição das distorções angulares e de recalque das edificações. E duas colunas de plaquetas reflexivas (uma coluna de seis e outra de nove plaquetas) foram instaladas na superfície da parede diafragma, ao longo de sua profundidade, para obtenção do perfil de deslocamentos horizontais da estrutura.

Entre as divergências ocorridas em relação ao projeto e à instalação em campo, estavam as colunas de plaquetas reflexivas, que foram soluções alternativas à instalação de inclinômetros no interior da parede diafragma. Foi justificado, por parte da construtora, dificuldades construtivas na introdução do tubo de inclinômetro na estrutura. Outra situação, três marcos topográficos não foram fixados na parede diafragma, o motivo desta falta não foi justificado pela construtora. O M09 deveria estar no painel 6, o M16 no painel 8 e o M18 no painel 4.

Figura 40 – Planta baixa do monitoramento geotécnico



(fonte: elaborado pela autora)

7.2 MEDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

As medições topográficas foram realizadas de forma relativamente simples, no entanto o grande número de pontos de controle permitiram descrever os deslocamentos em campo de forma abrangente, possibilitando um amplo banco de dados para o monitoramento geotécnico.

Os equipamentos utilizados eram uma estação total da marca Topcon e modelo GPT-3107, figura 41, e um nível óptico da marca Topcon e modelo AT-G6, figura 42. O topógrafo realizou as leituras das coordenadas retangulares dos marcos topográficos instalados no topo da parede diafragma e das plaquetas reflexivas com a estação total, enquanto os marcos que constituíam as seções de medição de recalque foram monitorados com o nível óptico.

A estação total utilizada possui acurácia de ± 7 segundos, para medidas angulares, e ± 2 mm + 2 ppm da distância linear medida em milímetros. Um mini prisma foi utilizado na estação total, assim o topógrafo realizava as leituras, com esta acurácia, a uma distância de até 1.000

metros do marco. O nível óptico a 30 metros de distância do marco, realizava leituras com acurácia de ± 2 mm.

Figura 41 – Estação total Topcon GPT-3107



(fonte: foto da autora)

Figura 42 – Nível óptico Topcon AT-G6



(fonte: TOPCON, 2007)

Os marcos topográficos, figura 43 e 44, foram executados na forma de pequenos pilares de concreto engastados no topo da parede diafragma ou fixados no solo próximo a ela (no caso das seções de nivelamento). Estes marcos possuíam aproximadamente 40 cm de altura e seção quadrada de aproximadamente 10 x 10 cm. No topo dos pilaretes, foram fixadas referências de nível de metal, destinadas para a identificação do marco e ainda para encaixe da plaqueta reflexiva que permitia a mira da estação total no marco. A proteção dos marcos das seções de nivelamento era constituída por uma caixa de madeira, ela era destampada apenas no dia da realização das leituras.

Figura 43 – Marco topográfico instalado no topo da parede diafragma



(fonte: foto da autora)

Figura 44 – Marcos topográficos pertencentes à seção de nivelamento



(fonte: foto da autora)

As plaquetas reflexivas, figura 45, foram aparafusadas nos locais de interesse das estruturas (próximo às arestas das edificações e ao longo da profundidade da parede diafragma). Eram prismas quadrados com dimensões de aproximadamente 10 x 10 cm.

Figura 45 – Plaqueta reflexiva instalada na edificação lindeira



(fonte: foto da autora)

Estações de monitoramento foram locadas, onde não estavam sujeitas a movimentações, no entorno do canteiro de obras. Eram constituídas por pregos de aço fixados no passeio público com coordenadas fixas, tabela 4. Se sabia a coordenada da estação Aux-10 e o azimute para a estação R5 (90°00'00"), assim traçou-se uma poligonal externa ao canteiro com fechamento no ponto Aux-10. Foi ajustado os vértices da poligonal e obtido as coordenadas das estações topográficas corrigidas.

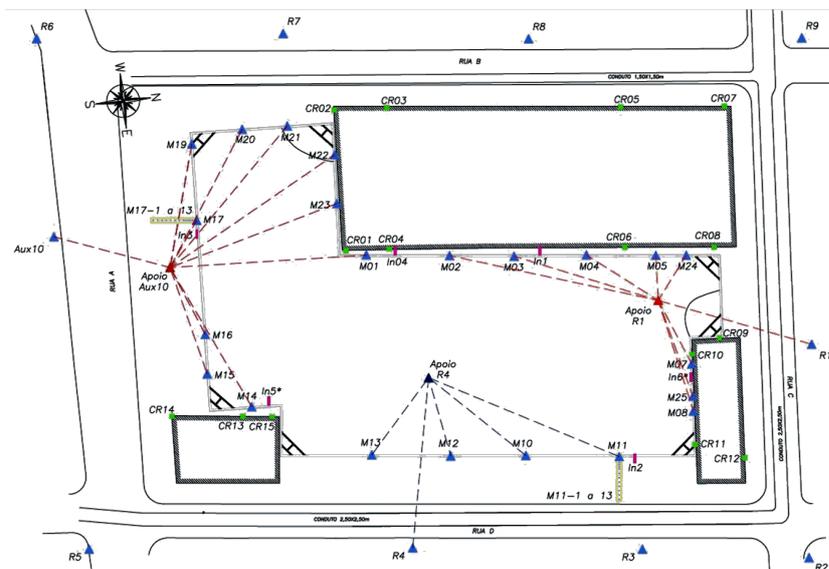
Tabela 4 – Coordenadas das estações topográficas de monitoramento

Estação topográfica	Coordenadas		
	N	E	Z
Aux10	5.000,000	1.000,000	14,291
R1	5.170,492	1.044,179	12,705
R2	5.164,444	1.092,734	12,967
R3	5.126,517	1.086,991	13,038
R4	5.074,022	1.080,792	13,600
R5	5.000,000	1.072,757	14,624
R6	5.001,164	953,960	14,247
R7	5.057,672	959,103	13,393
R8	5.113,646	966,636	12,607
R9	5.176,154	973,424	11,989

(fonte: elaborado pela autora)

Além das estações de monitoramento, ainda foram utilizados pontos de apoio para transporte das coordenadas das estações aos marcos, figura 46. As coordenadas dos pontos de apoio variavam em função dos obstáculos existentes e eram descartadas após o monitoramento.

Figura 46 – Procedimento de leitura do monitoramento topográfico



(fonte: elaborado pela autora)

7.3 MEDIÇÕES DE INCLINOMETRIA

As medições de inclinometria foram realizadas pontualmente, no entanto foram locadas de forma que fosse possível correlacionar, junto a análise do monitoramento topográfico (abrangente), o movimento superficial e o perfil de deslocamentos do subsolo.

Para o monitoramento do solo adjacente à escavação estudada foi utilizado um inclinômetro portátil, figura 47, que realizava leituras em quatro pontos distintos, figura 40. O inclinômetro era acompanhado por um cabo, que permitia sua descida ao fundo do furo, e por um *data logger*, que armazenava os valores de deslocamentos lidos e suas respectivas profundidades.

Figura 47 – Inclinômetro portátil



(fonte: foto da autora)

As perfurações para introdução dos tubos guias foram executadas com uma perfuratriz rotativa. O diâmetro dos furos podia variar de 4 a 6 polegadas e a profundidade indicada para perfuração era de aproximadamente 17 metros. Esta profundidade, segundo as sondagens do local, penetraria 1 metro em rocha. No entanto, não foi isto que aconteceu: a tabela 5 apresenta a profundidade alcançada em cada ponto de leitura. Os responsáveis pela perfuração alegaram atingir o impenetrável nestas profundidades.

Tabela 5 – Profundidade dos pontos de medições com inclinômetros

Ponto de Leitura	Profundidade (m)
In01	14,50
In02	16,00
In03	14,50
In04	11,50

(fonte: elaborado pela autora)

O tubo guia era constituído por um tubo de alumínio de 3 polegadas de diâmetro, figura 48. O preenchimento do espaço entre o tubo e o terreno perfurado foi executado com areia, assim o tubo permanecia fixo, se movimentaria apenas se o solo se deslocasse. Para que os deslocamentos do terreno fossem transmitidos ao tubo, a areia foi densificada, figura 49. Os tubos permaneciam tampados e ainda protegidos por uma caixa de madeira, para evitar obstruções com entrada de materiais e intervenções do dia-a-dia da obra.

Figura 48 – Tubo guia In3



(fonte: foto da autora)

Figura 49 – Tubo guia In4



(fonte: foto da autora)

As leituras eram realizadas por um técnico de campo e um auxiliar. O inclinômetro era inserido até a base do furo, em cada tubo guia, quatro vezes. Duas leituras eram realizadas no eixo do tubo guia ortogonal à estrutura de contenção e duas leituras no eixo paralelo a ela. A figura 50 apresenta a estrutura necessária para realização das medições. A metodologia de leitura era a mesma apresentada no item 5.2.1. Caso houvesse divergência entre as duas leituras (leitura inicial e leitura com instrumento rotacionado 180°) o *data logger* acusava.

Figura 50 – Realização das medições com inclinômetro



(fonte: foto da autora)

8. ANÁLISES E RESULTADOS

Foram realizados estudos criteriosos a respeito do comportamento de cada painel, de forma que, ao final do presente trabalho, fosse possível obter uma análise integral da estrutura de contenção. Foram considerados, individualmente, os dados dos monitoramentos dos marcos topográficos, das plaquetas reflexivas (tanto da estrutura de contenção quanto das edificações adjacentes) e dos inclinômetros.

O comportamento dos painéis de menor comprimento (painéis 2, 3, 5 e 7) estava ligado ao de maior comprimento (1, 4 e 6), por este motivo optou-se por analisá-los em conjunto (os maiores junto aos menores adjacentes). O comportamento das edificações lindeiras também estava associado ao comportamento dos painéis no seu entorno, dessa maneira, os resultados delas também são reunidos no mesmo item referente aos painéis principais. As identificações dos painéis e edificações podem ser consultadas na figura 28, do item 6.1.

As datas que foram realizados os monitoramentos topográficos e as medições de inclinometria estão lançadas na tabela 6. Nas análises as datas são referidas na forma de tempo decorrido (em dias), da primeira leitura à leitura em questão. Cabe salientar que este é um cronograma geral, existem particularidades, por ponto, de datas iniciais ("leitura zero").

Nos itens a seguir a apresentação dos deslocamentos é realizada de forma ilustrativa. Tabelas e gráficos com dados completos, como valores de entrada e deslocamentos por ponto, são encontrados nos apêndices A, B, C e D. No apêndice E estão planilhadas as relações entre os resultados apresentados no item 3.2 e os resultados do monitoramento.

Tabela 6 – Datas importantes do monitoramento geotécnico

Atividade	Data (dd/mm/aaaa)	Atividade	Data (dd/mm/aaaa)
Medições topográficas	19/08/2013	Medições de inclinometria	28/12/2013
Medições topográficas	30/08/2013	Medições de inclinometria	07/01/2014
Medições topográficas	27/09/2013	Medições de inclinometria	08/01/2014
Medições topográficas	11/10/2013	Medições topográficas	13/01/2014
Medições topográficas	23/10/2013	Medições de inclinometria	18/01/2014
Medições topográficas	01/11/2013	Medições topográficas	21/01/2014
Medições de inclinometria	05/11/2013	Medições topográficas	24/01/2014
Medições de inclinometria	14/11/2013	Medições topográficas	31/01/2014
Medições topográficas	18/11/2013	Medições de inclinometria	15/02/2014
Medições topográficas	10/12/2013	Medições topográficas	08/07/2014
Medições topográficas	17/12/2013	-	-

(fonte: elaborado pela autora)

8.1 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

Cada forma de monitoramento possui suas particularidades na análise. Assim, procurou-se esclarecer como foram verificados os deslocamentos em marcos topográficos, em seções de nivelamento, em plaquetas reflexivas e em tubos de inclinômetro.

8.1.1 Marcos topográficos e plaquetas reflexivas fixadas na estrutura de contenção

Foram fornecidas, pelo topógrafo e em cada data de monitoramento, coordenadas (*E* e *N*) dos marcos topográficos e das plaquetas reflexivas fixadas na parede diafragma. O interesse deste trabalho foi analisar os deslocamentos ortogonais do marco, ou da plaqueta, em relação a parede diafragma, ver resultados no apêndice A. Desta forma, era possível determinar se os deslocamentos da estrutura eram para o interior da escavação (deslocamento convergente, ou positivo) ou eram em direção ao solo não escavado (divergente, ou negativo). Por este motivo, não foi determinada apenas a resultante dos deslocamentos, e sim, a componente ortogonal da

resultante dos deslocamentos em relação a estrutura. A análise da movimentação de cada marco topográfico, ou plaqueta, seguiu o seguinte procedimento (as equações utilizadas são apresentadas no apêndice A):

- a) tabelar as coordenadas obtidas através das medições em campo: da leitura zero à leitura de interesse;
- b) determinar os deslocamentos no eixo E e no eixo N , separadamente, entre a leitura da data analisada e a leitura zero;
- c) determinar a resultante dos deslocamentos;
- d) determinar o ângulo entre a resultante dos deslocamentos e o eixo horizontal (E);
- e) determinar o ângulo entre o painel analisado e o eixo horizontal (E), a planta baixa georreferenciada da estrutura de contenção foi consultada;
- f) determinar o ângulo entre a resultante dos deslocamentos e o painel analisado;
- g) determinar a componente ortogonal do deslocamento do marco, ou da plaqueta, em relação ao painel analisado.

Após a análise individual dos deslocamentos, os marcos foram agrupados por painéis. Plotou-se cada ponto de deslocamento em um gráfico comprimento do painel *versus* deslocamento. A partir dos pontos demarcados pelos marcos, atribuiu-se deslocamentos para os demais pontos. O mesmo procedimento da análise dos marcos topográficos foi utilizado para as plaquetas reflexivas, no entanto, foi gerado um gráfico altura do painel *versus* deslocamento. Obteve-se, por conseguinte, o perfil de deslocamentos do painel ao longo de sua altura.

8.1.2 Seções de nivelamento e plaquetas reflexivas fixadas nas edificações adjacentes à escavação

Foram fornecidas pelo topógrafo, em cada data de monitoramento, as cotas dos marcos que estavam distribuídos nas seções de nivelamento e das plaquetas reflexivas fixadas nas edificações adjacentes à escavação. O interesse deste trabalho foi analisar os deslocamentos verticais destes métodos de leitura, por este motivo, foram solicitadas apenas as cotas. Ver resultados nos apêndices C e D.

As cotas foram lançadas em tabelas e, por ponto de controle, obtinha-se o recalque pela diferença de cotas da data monitorada em relação a leitura zero. Recalques positivos significam que a estrutura está se movimentando para baixo, conseqüentemente, os recalques

negativos indicam soerguimento da estrutura. Os deslocamentos verticais das plaquetas reflexivas fixadas nas edificações adjacentes à escavação, ainda possibilitaram a análise da distorção angular da edificação.

8.1.3 Inclinômetro

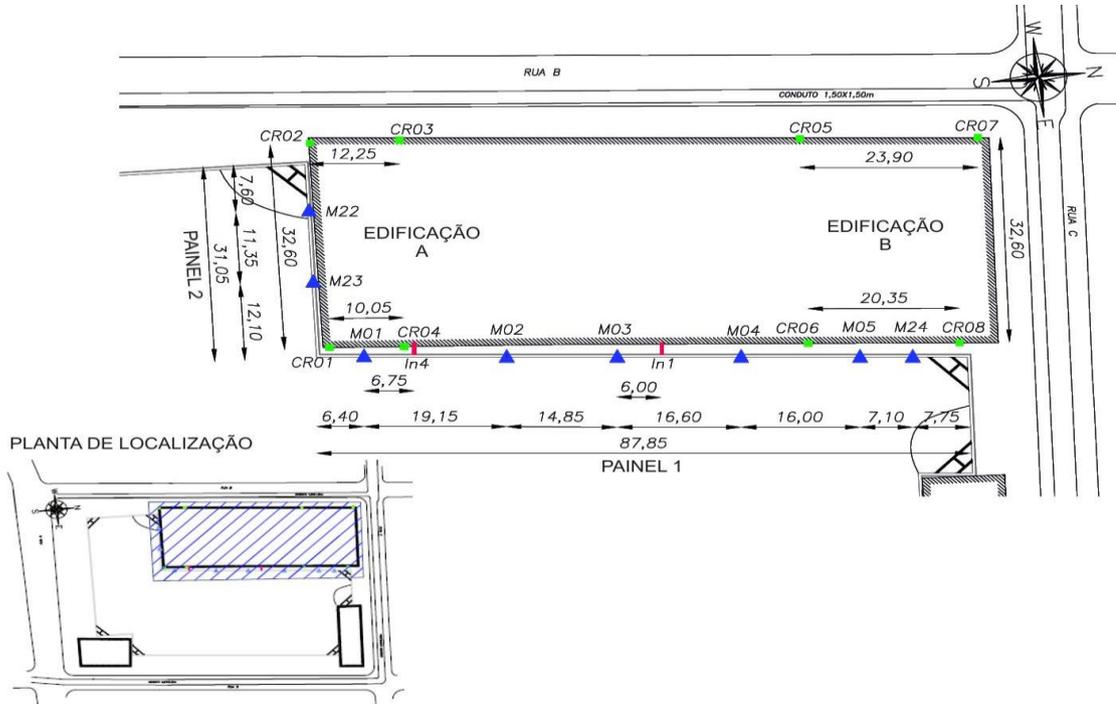
Os responsáveis pela realização das leituras dos pontos de inclinômetros forneceram os deslocamentos horizontais incrementais e absolutos do perfil de subsolo. Apenas os deslocamentos absolutos foram analisados, pois permitiam visualizar o comportamento do solo em relação a base do tubo guia. Foram obtidos os deslocamentos em função da leitura zero, na qual, teoricamente, é uma reta vertical. Todavia, no dia em que as leituras dos furos de inclinômetro foram iniciadas, a escavação já estava em andamento. Consequentemente, foi coerente adotar na análise deste trabalho um valor inicial de deslocamento (diferente de 0 mm), gerado a partir da relação das demais leituras com os resultados da topografia. Os gráficos plotados para análise dos resultados foram elaborados a partir dos dados de deslocamentos horizontais *versus* profundidade. Foi essencial que as medições da inclinometria fossem relacionadas com as medições topográficas, para uma análise adequada do comportamento da estrutura de contenção e do solo adjacente à escavação. Ver resultados no apêndice B.

8.2 PAINEL 1

A análise do painel 1 abrange o painel 2 e as edificações A e B, figura 51. Esta área se encontrava na região noroeste da obra e apresentou patologias ao longo do monitoramento. A seção, onde cada marco estava instalado, pode apresentar diferenças construtivas ou geotécnicas em relação às seções dos demais marcos. Essas diferenças estavam expressas nas cotas de nível do terreno ou do pavimento térreo, nas alturas de escavação ou da parede diafragma, nas distâncias horizontais ou na angulação dos tirantes ou, ainda, nas profundidades de solo aluvionar ou residual da seção. A seção representativa do In4 é a mesma seção do M01 e a do In1 é a mesma que representa os marcos M02, M03 e M04. As distâncias entre a Edificação A e a estrutura de contenção são apresentadas nas seções dos marcos M01, M22 e M23. As distâncias entre a Edificação B e a estrutura são exibidas nas

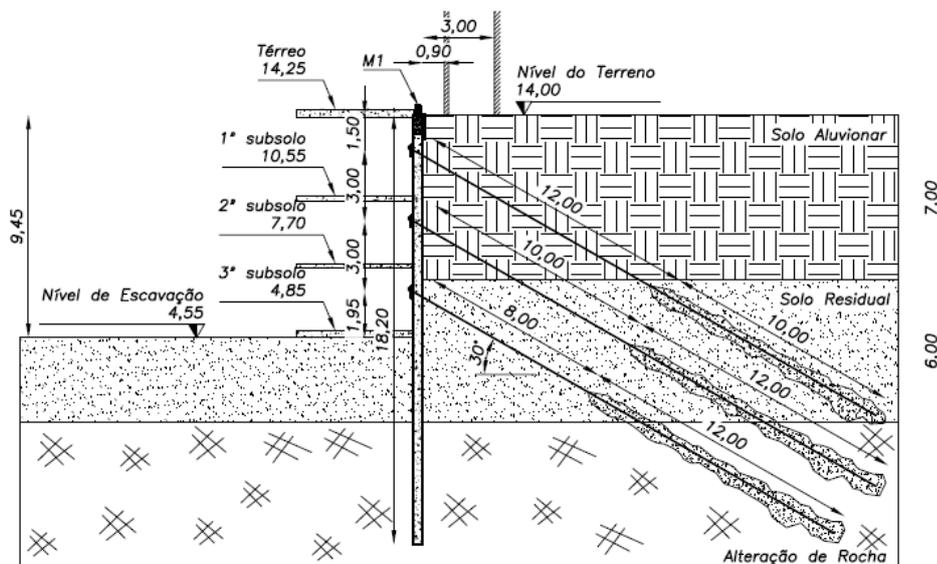
seções dos marcos M05 e M24. A figura 52 apresenta a seção tipo do M1, as demais podem ser encontradas no apêndice F.

Figura 51 – Área de monitoramento: painel 1
(medidas apresentadas em metros)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 52 – Seção tipo M1
(medidas apresentadas em metros)



(fonte: elaborado pela autora)

8.2.1 Monitoramento topográfico

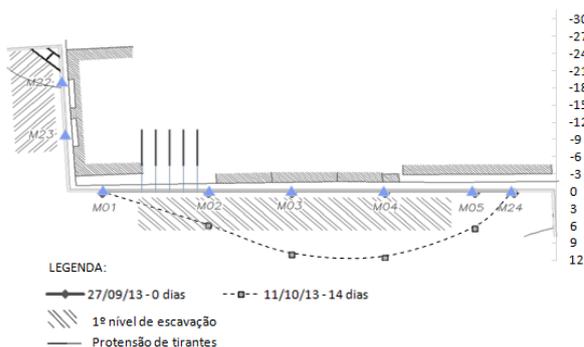
Os dados do monitoramento topográfico para esta área são apresentados na tabela 7. As figuras 53 a 60 apresentam os resultados dos marcos do painel 1. As figuras 63 a 66 apresentam os resultados dos marcos do painel 2. A análise iniciou no 14º dia de monitoramento e foi finalizada após 126 dias. Posteriormente, figuras 67 e 68, foi realizada uma leitura em 284 dias de monitoramento. A régua de deslocamentos, encontrada próximo às figuras, mede em milímetros. As plantas baixas auxiliam no entendimento dos gráficos e não estão em escala.

Tabela 7 – Painel 1: dados do monitoramento topográfico

Início (dd/mm/aaaa)	27/09/2013
Término (dd/mm/aaaa)	08/07/2014
Número total de leituras	11
Início M24 (dd/mm/aaaa)	11/10/2013
Número total de leituras de M24	10

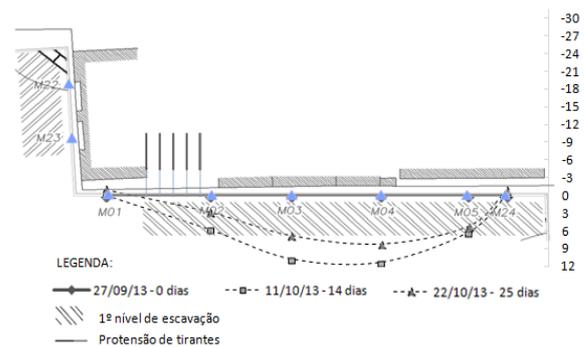
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 53 – Painel 1: 14 dias



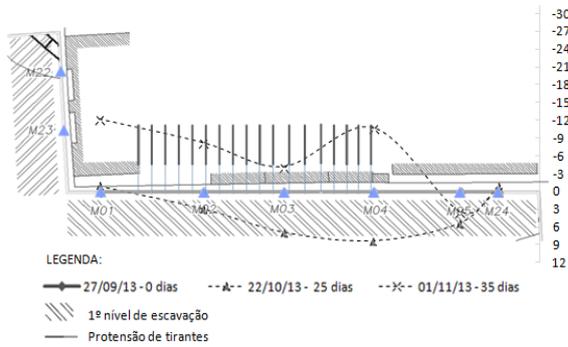
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 54 – Painel 1: 25 dias



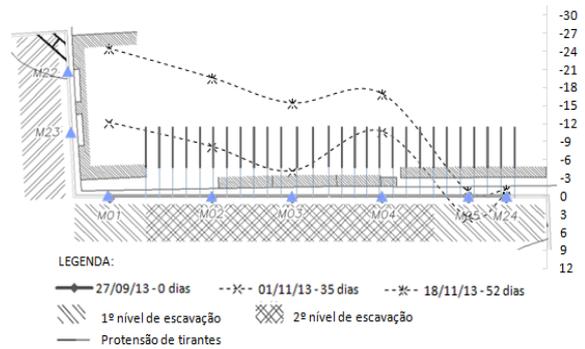
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 55 – Pannel 1: 35 dias



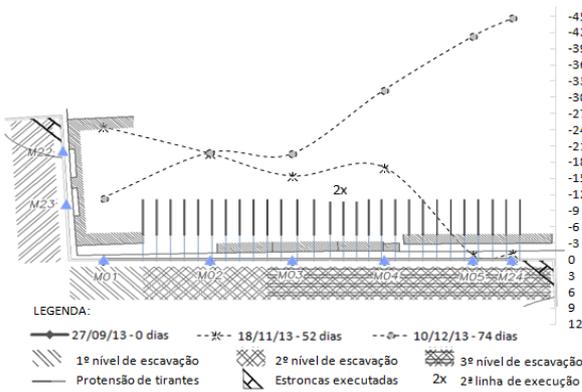
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 56 – Pannel 1: 52 dias



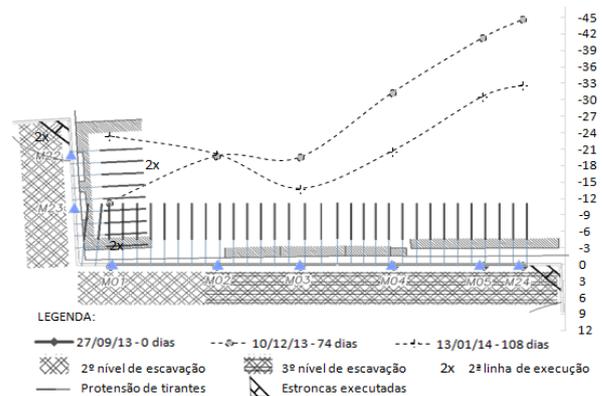
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 57 – Pannel 1: 74 dias



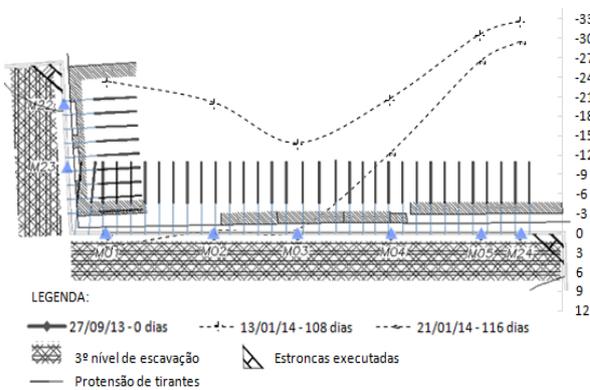
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 58 – Pannel 1: 108 dias



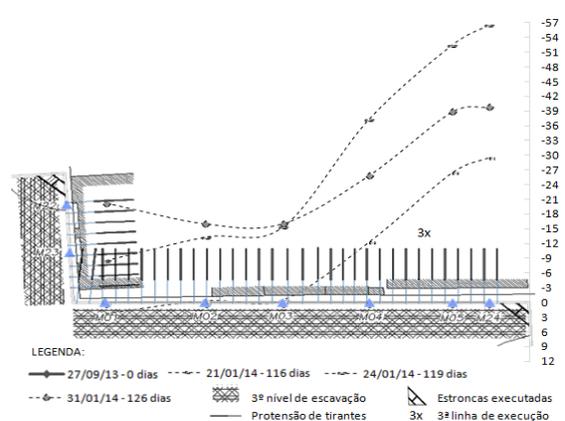
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 59 – Deslocamentos pannel 1: 116 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 60 – Pannel 1: 126 dias



(fonte: elaborado pela autora)

O maior deslocamento positivo ocorrido no painel 1, em relação a leitura zero, foi de 11,4 mm no marco M4, 0,57% da altura escavada, 14 dias após o início do monitoramento. É provável que este deslocamento, na primeira fase de escavação, figura 53, se deu devido ao alívio de tensões no solo adjacente ao escavar o primeiro nível, dias antes da ancoragem da estrutura. Há um pequeno trecho, entre M1 e M2, onde os tirantes já haviam sido instalados e protendidos com 12 dias de monitoramento. Neste trecho houve um menor deslocamento em relação aos demais. Também constata-se menor deslocamento no extremo oposto da parede (M5 e M24), onde há o encontro entre o painel 1 e o painel 8 e onde ainda não havia sido escavado. Neste contexto, pode-se comparar o painel 1 a uma viga com um apoio em cada extremidade e uma carga distribuída sobre ela, a maior flecha ocorreria na região central da viga e, neste caso ocorreu na região central do painel 1. Não se indicou deslocamento do M24 na figura 54, pois a leitura do M24 iniciou após as demais, como comentado anteriormente, e se observou movimentação significativa deste marco apenas em 74 dias de monitoramento, a partir deste fato, é bastante aceita a consideração que estivesse imóvel em 14 dias de monitoramento.

É interessante perceber que logo após a protensão da primeira linha de tirantes (figura 55) do painel 1, do M2 ao M4, há um notável deslocamento negativo: em média -9 mm em relação a leitura zero, o que foi na ordem de -13 mm, ou 0,65% da altura escavada, em relação a última leitura. Quando protendidos os tirantes em M5 e M25, figura 56, ocorreu este mesmo comportamento, porém em menor escala. Não houveram deslocamentos positivos mesmo com o 2º nível de escavação, o que indica que após a protensão da primeira linha a estrutura se tornou menos sensível aos deslocamentos positivos ocasionados pela escavação.

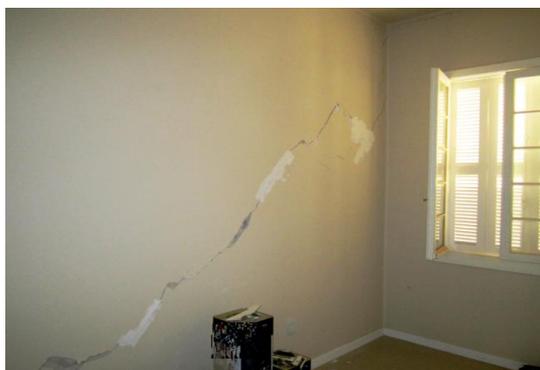
Próximo aos 74 dias de monitoramento, figura 57, instalou-se a primeira linha de estronca, localizada ao lado do M24. Ocorreu o maior deslocamento negativo até o momento: -44,6 mm em relação a leitura inicial, ou -43,5 mm, 0,87% da altura escavada, em relação a última leitura. O M5 também deslocou um valor aproximado, -41,3 mm em relação a leitura zero. Nesta mesma época a segunda linha de tirantes foi protendida, o que provavelmente colaborou com o deslocamento negativo. No M1 ocorreu um deslocamento positivo, em relação a última leitura, de aproximadamente 13 mm, 0,65% da altura escavada. No local onde este marco estava instalado foi escavado apenas o primeiro nível e ainda não haviam sido protendidos os tirantes. A figura 57 demonstra uma situação onde foram aplicadas altas cargas em uma das extremidades do painel, enquanto na outra não existiam ancoragem ou

apoio suficientes para evitar um deslocamento positivo. Se nota uma mudança de comportamento nos deslocamentos da estrutura.

Em 108 dias de monitoramento topográfico, figura 58, já haviam protendido a primeira linha tirantes próximos a M1, escavado o segundo nível e protendido a segunda linha de tirantes neste mesmo ponto. O marco foi deslocado -12 mm, 0,24% da altura de escavação, da última leitura. Nos demais marcos houve um alívio de tensões na ordem de 10 mm, 0,13% da altura escavada, já que permaneciam 34 dias sem alterações.

No dia 16/01/2014, 111 dias de monitoramento topográfico, a edificação A sofreu danos causados pela obra de contenção, no momento da perfuração da terceira linha de tirantes anteriores a M1, muito próximos ao encontro entre o painel 1 e o painel 2. A última linha de tirantes no painel 2, após M23, também estava sendo executada. Os furos eram realizados por uma perfuratriz rotativa com acionamento hidráulico e circulação d'água, se executado com pouco cuidado, poderia provocar a retirada em excesso do solo e causar a movimentação no maciço e conseqüente deslocamentos verticais na superfície. Sabendo que o furo no painel 2 já estava executado e que os furos do painel 1 e 2 estavam deslocados 0,75 m verticalmente, a situação se tornava ainda mais crítica. Na vistoria à edificação A, observou-se que as fissuras ocorreram com maior intensidade nos apartamentos de fundo no pavimento térreo – os mais próximos à obra. Foram dois apartamentos os mais afetados: sofreram fissuras com angulação de 45° nas paredes ortogonais ao painel 1 (figura 61) e, nas alvenarias paralelas a este painel, sofreram fissuras horizontais (figura 62), ainda pôde ser notado um leve desaprumo entre o térreo e o 2° pavimento.

Figura 61 – Fissura com angulação de 45°



(fonte: foto da autora)

Figura 62 – Fissura horizontal

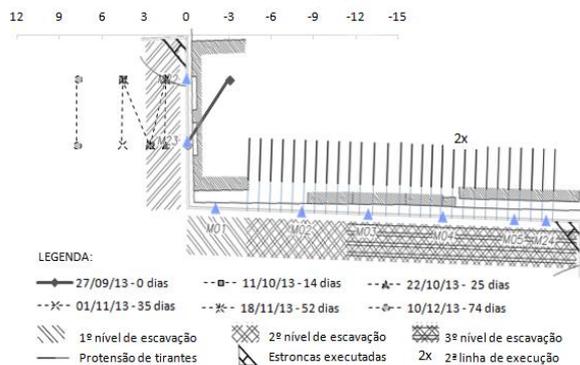


(fonte: foto da autora)

Entre 108 e 116 dias de monitoramento, segundo os dados recebidos (figura 59) houve um deslocamento positivo de 25,75 mm, o que corresponde a 0,32% da altura escavada. O dano na edificação A ocorreu em um dia intermediário a essas leituras. Como já foi citado, o terceiro nível em M1 foi escavado neste meio tempo, o que também colaborou com o alívio de tensões. O painel 1 estava, ao longo de todo seu comprimento, na 5ª fase do monitoramento.

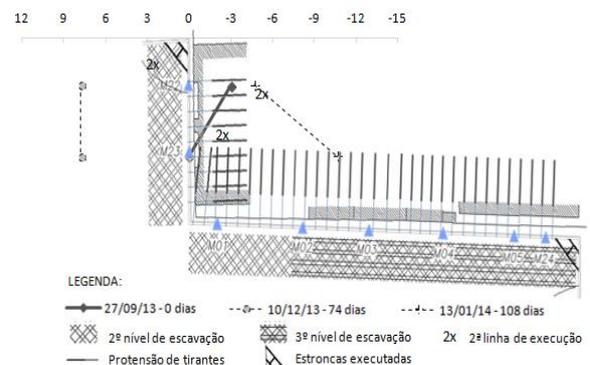
Devido ao ocorrido, a construtora optou por não executar, naquele momento, os quatro primeiros tirantes (próximos a M1) da terceira linha. No entanto, a terceira linha dos demais tirantes foi protendida e na leitura de 119 dias de monitoramento (figura 60) ocorreu o maior deslocamento negativo em relação a leitura zero. O marco M24 deslocou -56,5 mm, o que corresponde a 0,81% da altura escavada e -27,1 mm em relação a leitura anterior. O M1 deslocou -10,1 mm em relação a leitura anterior. Decorridos 126 dias de monitoramento, M1 e M2 ainda sofreram deslocamentos negativos, em média -15 mm em relação a leitura zero, enquanto M3 a M24 sofreram um alívio de tensões com deslocamento médio de 14 mm em relação suas últimas leituras.

Figura 63 – Painel 2: 74 dias



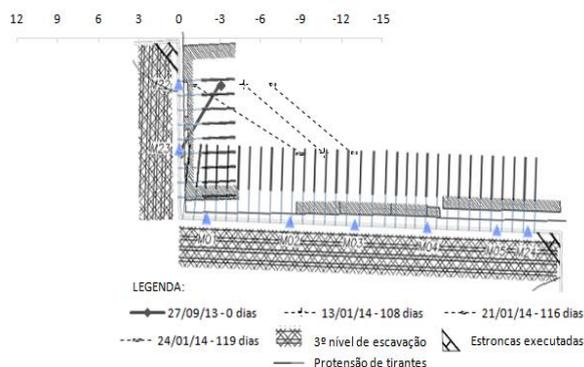
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 64 – Painel 2: 108 dias



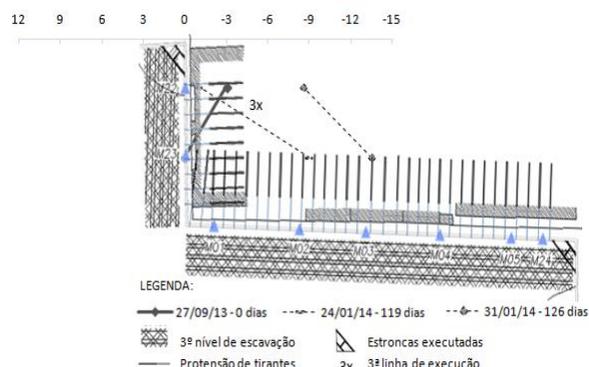
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 65 – Painel 2: 119 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 66 – Painel 2: 126 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Comparado ao painel 1, as magnitudes dos deslocamentos no painel 2 foram menores. O maior deslocamento positivo, 7,75 mm em relação ao painel em sua origem ou 0,39% da altura de escavação, ocorreu 74 dias após a leitura zero. Já o maior deslocamento negativo ocorreu com 126 dias de monitoramento: -13,45 mm ou 0,17% da altura escavada, no M23. Quando o monitoramento iniciou já havia sido escavado o primeiro nível e instalada a primeira estronca, por este motivo, foi considerado um deslocamento inicial de -3 mm para M22. Até 74 dias de leitura nada foi modificado (figura 63), pôde-se observar deslocamentos médios de 3 mm em relação às leituras anteriores. Exceto aos 74 dias de leitura, como já foi mencionado, e aos 14 dias de monitoramento que M23 se deslocou 7,55 mm em relação a leitura zero. Este comportamento é natural, uma vez que o painel não sofreu cargas negativas, como a protensão dos tirantes.

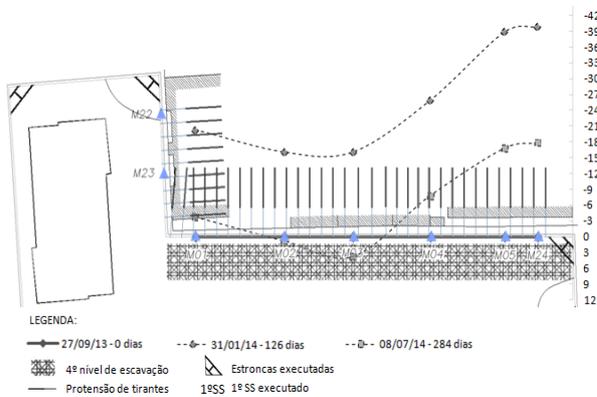
Entre 74 e 108 dias de monitoramento, figura 64, o painel sofreu com a protensão dos tirantes da primeira e da segunda linha e instalação da segunda linha de estroncas, evidentemente que o segundo nível também foi escavado neste meio tempo. Ocorreu um claro deslocamento negativo, de aproximadamente -15 mm ou 0,31% da altura escavada.

De 108 a 119 dias de monitoramento ocorreu apenas a escavação do terceiro nível – figura 65, pois, como já foi mencionado, em 111 dias de monitoramento ocorreu a patologia na edificação A e a construtora optou por aguardar a estabilização da movimentação de terra. Em 116 dias não ocorreu deslocamento considerável em relação a última leitura (-2 mm). No entanto, com 119 dias a diferença entre M22 e M23 chegou a 11 mm: M22 se deslocou 5,76

mm em relação a leitura anterior, o que significa 2 mm em relação ao painel em sua origem, enquanto o M23 deslocou -8,9 mm também em relação ao painel em sua origem.

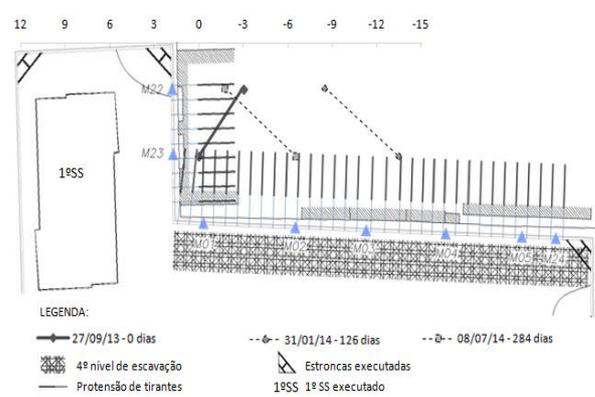
Até 126 dias de monitoramento, figura 66, o último tirante da terceira linha do painel 2 não havia sido executado, no entanto os demais tirantes, desta mesma linha, foram protendidos. A diferença entre os marcos diminuiu para 8 mm, pois M23 deslocou -7,57 mm (0,1% da altura escavada) e M22, -4,5 mm em relação a leitura anterior. Como já havia sido dito, nesta data ocorreu o maior deslocamento negativo em relação ao painel em sua origem: -13,45 mm em M23.

Figura 67 – Painel 1: 284 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 68 – Painel 2: 284 dias

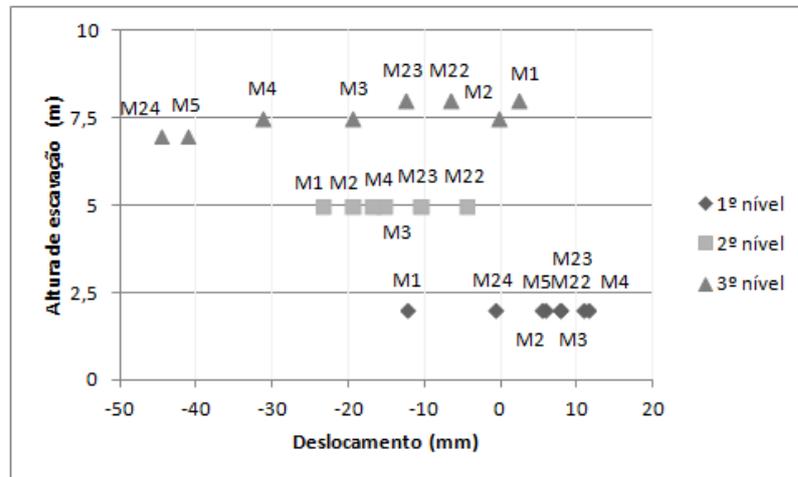


(fonte: elaborado pela autora)

A última leitura realizada, após 284 dias de monitoramento, reproduz o rearranjo das partículas de solo adjacente a escavação. A superestrutura já estava executada até o 1º nível de subsolo. Sem esforços passivos, apenas com a superestrutura agindo como apoio para parede diafragma, é comum que a estrutura de contenção tenda, em tempo infinito, aos deslocamentos nulos em relação ao ponto de origem do painel. Segundo o gráfico da figura 67, os marcos do painel 1 deslocaram entorno de 20 mm e direção a estrutura de contenção. No painel 2, figura 68, verificou-se o mesmo comportamento, porém em menor escala, em média 6,8 mm de deslocamento positivo em relação a leitura de 158 dias atrás.

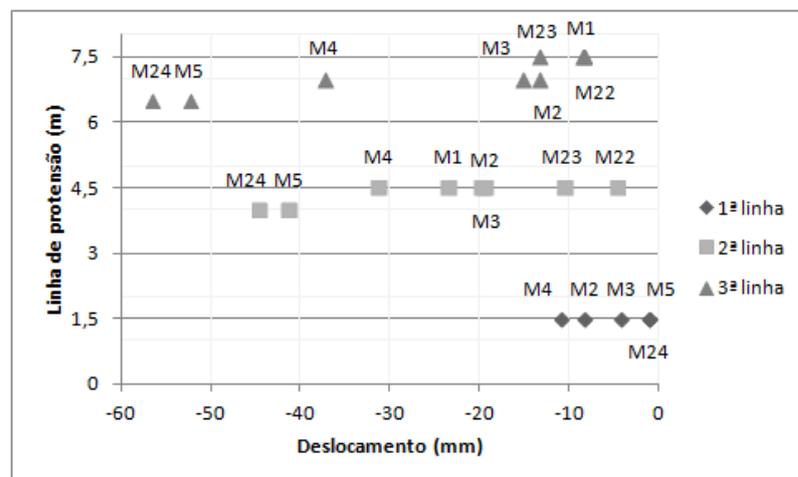
Segue, nas figuras 69 e 70 a comparação geral entre os deslocamentos dos painéis da área do painel 1 em função do nível de escavação e da linha de protensão.

Figura 69 – Pannel 1: Deslocamento (mm) x Altura de escavação (m)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 70 – Pannel 1: Deslocamento (mm) x Linha de protensão (m)



(fonte: elaborado pela autora)

8.2.2 Monitoramento com inclinômetro

O monitoramento com inclinômetros atrasou em relação ao monitoramento topográfico, tabela 8. Houveram dificuldades de perfuração e instalação dos tubos guia, o entorno do topo de In4 não estava devidamente preenchido com solo compactado e ocorreu um defeito na conexão entre dois segmentos do tubo, causando movimentação em espiral do trecho superior. Os resultados do In1 são apresentados nas figuras 71 a 73 e os resultados de In4 nas figuras 74 e 75. As seções apresentadas junto aos gráficos não estão em escala no eixo horizontal, são ilustrações para verificação das diferenças de profundidade entre escavação, estrutura de

contenção, base do tubo guia e camada de solo ou rocha. Os inclinômetros estavam entorno de 0,40 m distantes da estrutura de contenção. Para ambos os inclinômetros, quando mencionado o "eixo do tubo" considera-se o deslocamento zero e não a leitura zero. A régua de deslocamentos, encontrada acima das seções, mede em milímetros.

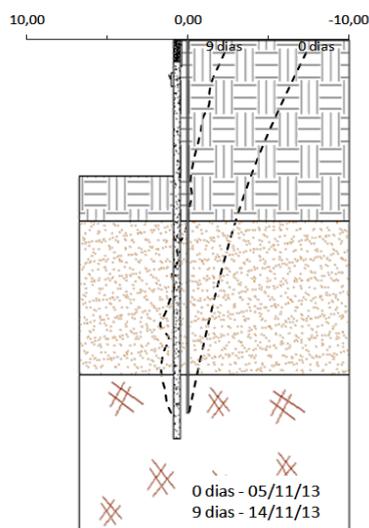
Tabela 8 – Painel 1: dados do monitoramento com inclinômetros

Início In1 (dd/mm/aaaa)	05/11/2013
Início In4 (dd/mm/aaaa)	28/12/2013
Término (dd/mm/aaaa)	15/02/2014
Número total de leituras de In1	7
Número total de leituras de In4	5

(fonte: elaborado pela autora)

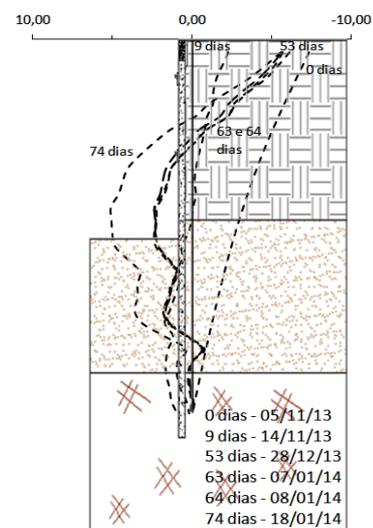
Segundo a seção representativa de In1, o tubo guia estava fixado 1,5 m em rocha, o que fornece maior credibilidade aos seus resultados. Com 39 dias de monitoramento topográfico o topo da parede diafragma já havia deslocado aproximadamente -7,5 mm, assim arbitrou-se este valor, na leitura zero, em profundidade zero, e uma curva foi criada (próxima a uma reta) até a base do tubo guia (deslocamento nulo).

Figura 71 – In1: 9 dias



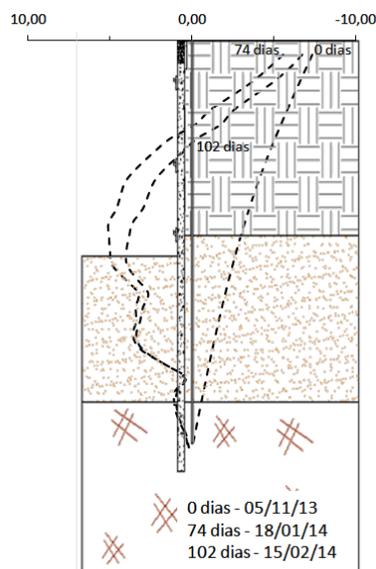
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 72 – In1: 74 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 73 – In1: 102 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Na leitura zero a primeira linha de tirantes já estava protendida e a escavação estava no primeiro nível. Aos 9 dias de monitoramento, o segundo nível foi escavado. Analisando a figura 71, houve um deslocamento positivo constante ao longo de praticamente todo tubo guia, o que é coerente com o alívio sofrido devido a escavação. Até 5 m de profundidade, coincidentemente o nível que estava a escavação, o deslocamento foi levemente maior, em relação a leitura zero o tubo deslocou em média 4,5 mm (0,09% da altura escavada). Da profundidade de 5 m até a de 11 m, o tubo deslocou em média 3 mm e nos últimos 3 m deslocou em média 2 mm. No último meio metro existe um deslocamento de 0,94 mm, mesmo que bastante pequeno, indica que o tubo não está totalmente fixado no pé, poderia se considerar este o erro para esta leitura do inclinômetro.

Em 53 dias de monitoramento, figura 72, já havia sido protendida a segunda linha de tirantes e escavado o terceiro nível. Observou-se um comportamento comum entre os deslocamentos: do topo à segunda linha de tirantes ocorreram maiores deslocamentos negativos no solo, da segunda linha até o nível de escavação ocorreu um abaullamento positivo ao longo do perfil, onde os maiores deslocamentos positivos eram, aproximadamente, entre a camada de solo aluvionar e solo residual, após a profundidade escavada a tendência do perfil de solo foi retornar a origem, com, novamente, deslocamentos negativos até chegar próximo a zero na base do tubo guia. As medições de deslocamentos de 53, 63 e 64 dias foram muito próximas. Portanto, analisando os resultados de 63 dias de monitoramento, até 4 m de profundidade os

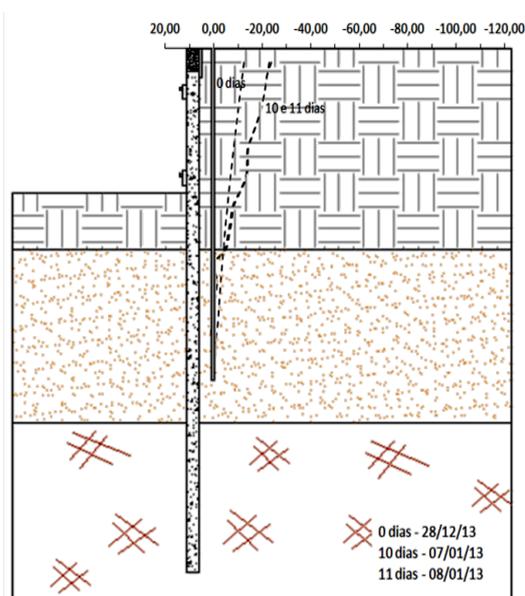
deslocamentos foram negativos, pode-se considerar uma reta que parte do eixo do tubo (em 4,1 m de profundidade) até -6,13 mm no topo do tubo – o que significa 0,08% da altura escavada. Após isso iniciou o abaulamento positivo, com deslocamento máximo de 2,4 mm, ou 0,03% da altura de escavação, em relação ao eixo do tubo em 7,5 m de profundidade. O abaulamento terminou em aproximadamente 9 m de profundidade, daí até 11 m de profundidade os deslocamentos tiveram uma média 1,5 mm em relação ao eixo do tubo. De 11 m à base do tubo guia os deslocamentos reduziram até chegar a 0,03 mm, o que pode-se considerar praticamente zero.

O In1 estava aproximadamente 33 m afastado da edificação A, no entanto notou-se um aumento nos deslocamentos no 74º dia de monitoramento, principalmente nos deslocamentos positivos que chegaram a 5,1 mm no abaulamento, ou 0,07% da altura escavada, em 6,5 m de profundidade. A diferença entre este deslocamento e o da última leitura, na mesma profundidade, foi de 2,75 mm. A diferença média entre os deslocamentos de 74 e 63 dias de monitoramento foi de 1,8 mm.

Aos 102 dias de monitoramento, figura 73, já havia sido protendida a terceira linha de tirantes, conseqüentemente houve um deslocamento negativo em relação a última leitura. Em média, a diferença entre as leituras foi de -1,10 mm. O maior deslocamento positivo foi na profundidade de 7,5 m, 4 mm (0,05% da altura escavada). O maior deslocamento negativo foi de -6,75 mm no topo, ou 0,09% da altura escavada.

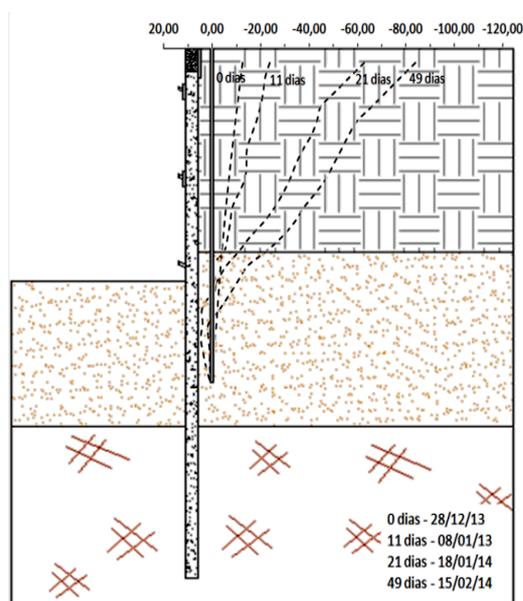
Analisando a seção representativa de In4, o tubo guia está fixado em solo residual, o que não é o ideal, no entanto a perfuração foi realizada com uma perfuratriz rotativa e foi informado que não era possível alcançar profundidade maior. Aos 92 dias de monitoramento topográfico o topo da parede diafragma já havia deslocado aproximadamente -13 mm. O mesmo método que foi utilizado em In1, foi utilizado em In4 para arbitrar o deslocamento da leitura zero. As magnitudes dos deslocamentos de In4 foram, pelo menos, 10 vezes maiores que de In1.

Figura 74 – In4: 11 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 75 – In4: 49 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Se sabe que na leitura zero a primeira linha de tirantes já havia sido protendida e a escavação do painel ainda estava no primeiro nível. Até a data das leituras de 10 e 11 dias de monitoramento, foi escavado o segundo nível e protendida a segunda linha de tirantes, figura 74. Até 7 m, divisão entre as camadas de solo aluvionar e solo residual, os deslocamentos formam uma reta. O maior deslocamento em relação ao eixo do tubo nesse trecho é no topo, de -22,8 mm (0,46% da altura escavada) em 10 dias de monitoramento e -23,7 mm (0,47% da altura escavada) em 11 dias de monitoramento. Após 7 m de profundidade os deslocamentos oscilam próximos ao eixo do tubo, com uma média de 0,6 mm. Na base do tubo o deslocamento é zero.

A leitura de 21 dias de monitoramento, figura 75, foi realizada dois dias após a patologia na edificação A. Havia sido escavado o terceiro nível e perfurado o local onde seria instalada a terceira linha de tirantes. Ocorreu o maior deslocamento negativo em relação a última leitura, -39 mm de deslocamento no topo do tubo guia (0,49% da altura escavada). O comportamento do perfil de solo se manteve o mesmo, no entanto a reta diminuiu a sua inclinação em relação a horizontal, o deslocamento zero da reta estava em 8 m de profundidade, nível escavado. Após esta profundidade ocorreu um abaulamento, com maior deslocamento positivo de 4,7 mm (0,06% da altura de escavação) em relação ao eixo do tubo, o abaulamento terminou na base no tubo, com 0,85 mm de deslocamento. Com o mesmo comportamento, após 49 dias

observou-se o maior deslocamento negativo no topo do tubo: -83,8 mm (1,05% da altura escavada), no entanto, em relação a última leitura este deslocamento foi de apenas -21 mm (0,26% da altura escavada). A inclinação da reta diminuiu ainda mais em relação a horizontal e o deslocamento zero desta reta foi na profundidade de 9 m. O deslocamento positivo do abaulamento foi menor, 1,70 mm em 10 m de profundidade. Na base do tubo o deslocamento foi de 0,41 mm.

8.2.3 Monitoramento das edificações adjacentes

Os dados de interesse das edificações A e B são apresentados na tabela 9. Em três pontos houveram dias específicos sem monitoramento, por provável obstrução das plaquetas.

Tabela 9 – Painel 1: dados do monitoramento das edificações adjacentes

Início (dd/mm/aaaa)	27/09/2013
Término (dd/mm/aaaa)	08/07/2014
Número total de leituras	12
Leituras não executadas em CR04 e CR06 (dd/mm/aaaa)	10/12/2013
	08/07/2014
Leituras não executadas em CR08 (dd/mm/aaaa)	10/12/2013
	13/01/2014
	31/01/2014

(fonte: elaborado pela autora)

No monitoramento da edificação A, não se constatou soerguimentos em CR01, apenas recalques. O maior ocorreu com 284 dias de monitoramento, 6 mm, quando a superestrutura já estava sendo executada. Neste dia, não foram realizadas leituras em CR04, no entanto, comparando a CR02, o recalque diferencial entre os dois pontos foi de 5 mm e a distorção angular de 1/6520.

O ponto CR02 pouco se movimentou, em geral ocorreram mais soerguimentos do que recalques. O maior recalque foi de 1 mm, também com 284 dias de monitoramento. O maior soerguimento foi de -3 mm com 81 dias de monitoramento, quando foi protendida a primeira

linha de tirantes no painel 2. Este soerguimento resultou em um recalque diferencial de 3 mm e uma distorção angular de $1/10867$ em relação a CR01 e um recalque diferencial de 2mm e distorção angular de $1/6125$ em relação a CR03.

O maior recalque no ponto CR03 foi de 3 mm com 126 dias de monitoramento. Este ponto se encontra no lado oposto da escavação, a qual se encontrava no 3º nível. Os quatro primeiros tirantes da terceira linha do painel 1 e o último tirante do painel 2 estavam aguardando para serem executados, os demais já estavam protendidos. O recalque diferencial em relação a CR02 foi de 3 mm e a CR04 foi de 4 mm. As distorções angulares com relação a estes pontos foram, respectivamente, $1/4083$ e $1/8150$. O maior soerguimento foi de apenas -1 mm aos 74 e 81 dias de monitoramento, quando a primeira linha de tirantes havia sido protendida tanto no painel 1, quanto no painel 2.

Em CR04, o maior soerguimento foi de -6 mm aos 52 dias de monitoramento. A escavação estava no 2º nível no trecho logo após a edificação A e a segunda linha de tirantes havia sido protendida, enquanto o trecho da edificação no painel 1 estava no primeiro nível de escavação. Em relação a CR01 o recalque diferencial foi de 9 mm e a distorção angular de $1/1117$. Em relação a CR03 estes valores foram, respectivamente, 6 mm e $1/5433$.

As maiores distorções angulares ocorreram aos 52 dias de monitoramento entre CR04 e CR01 e em 119 dias de monitoramento, nos mesmos pontos. Para os dois dias este valor foi de $1/1117$. Aos 116 dias de monitoramento, 5 dias após a ocorrência de danos na edificação A, e aos 126 dias de monitoramento estes pontos também obtiveram distorções angulares acima de $1/2000$. Nas leituras do dia 13/01/2014 (108 dias de monitoramento) as distorções foram de $1/2010$. Cabe lembrar que o dia em que houve patologias na edificação A foi 16/01/2014, com 111 dias de monitoramento. Segundo os dados dos monitoramentos das plaquetas, CR01 não sofreu recalque entre o período de 108 dias e 116 dias de monitoramento e CR04 sofreu um soerguimento de -3 mm.

É interessante apontar que a maior distorção angular na edificação B, $1/5088$, foi entorno de 80% menor que a maior distorção angular ocorrida na edificação A. Esta distorção ocorreu aos 119 dias de monitoramento entre CR06 e CR08, quando já havia sido protendida a terceira linha de tirantes no painel 1, no trecho adjacente à edificação.

O maior recalque foi de 2 mm em CR06 aos 126 dias de monitoramento. O maior soerguimento foi em CR07 aos 284 dias de monitoramento, -6 mm, nesta etapa ocorria um alívio nos esforços passivos da estrutura de contenção, já que ainda não havia sido executada a superestrutura deste trecho e a escavação estava praticamente concluída (a rampa de entrada para caminhões no canteiro ainda estava sendo utilizada próxima a esta edificação). O CR06 não havia sido monitorado neste dia, mas comparando com CR08, que o recalque diferencial foi de 5 mm e a distorção angular de $1/6520$, pode-se concluir q a edificação estava recalcando próxima a escavação (com o alívio de tensões) e soerguendo no seu lado oposto.

No CR05 não houveram recalques. O maior soerguimento foi aos 284 dias de monitoramento, -5 mm. A situação é a mesma que de CR07: ambos se encontravam fixados na edificação no lado oposto da escavação. O recalque diferencial entre os dois pontos era de 1 mm e distorção angular no valor de $1/23900$.

Aos 126 dias de monitoramento o CR08 não havia sido monitorado, no entanto, o CR06 sim e a distorção angular entre CR05 e CR06 foi a mesma que em 284 dias de monitoramento para CR07 e CR08: $1/6520$. No entanto, CR06 estava recalcando, 2 mm, e CR05 soerguendo, -3 mm. O maior soerguimento em CR06 foi de -1 mm, aos 108 e 116 dias de monitoramento, entretanto as distorções angulares em relação aos demais pontos foram baixas, sendo a maior dos dois dias $1/16300$, em relação a CR05.

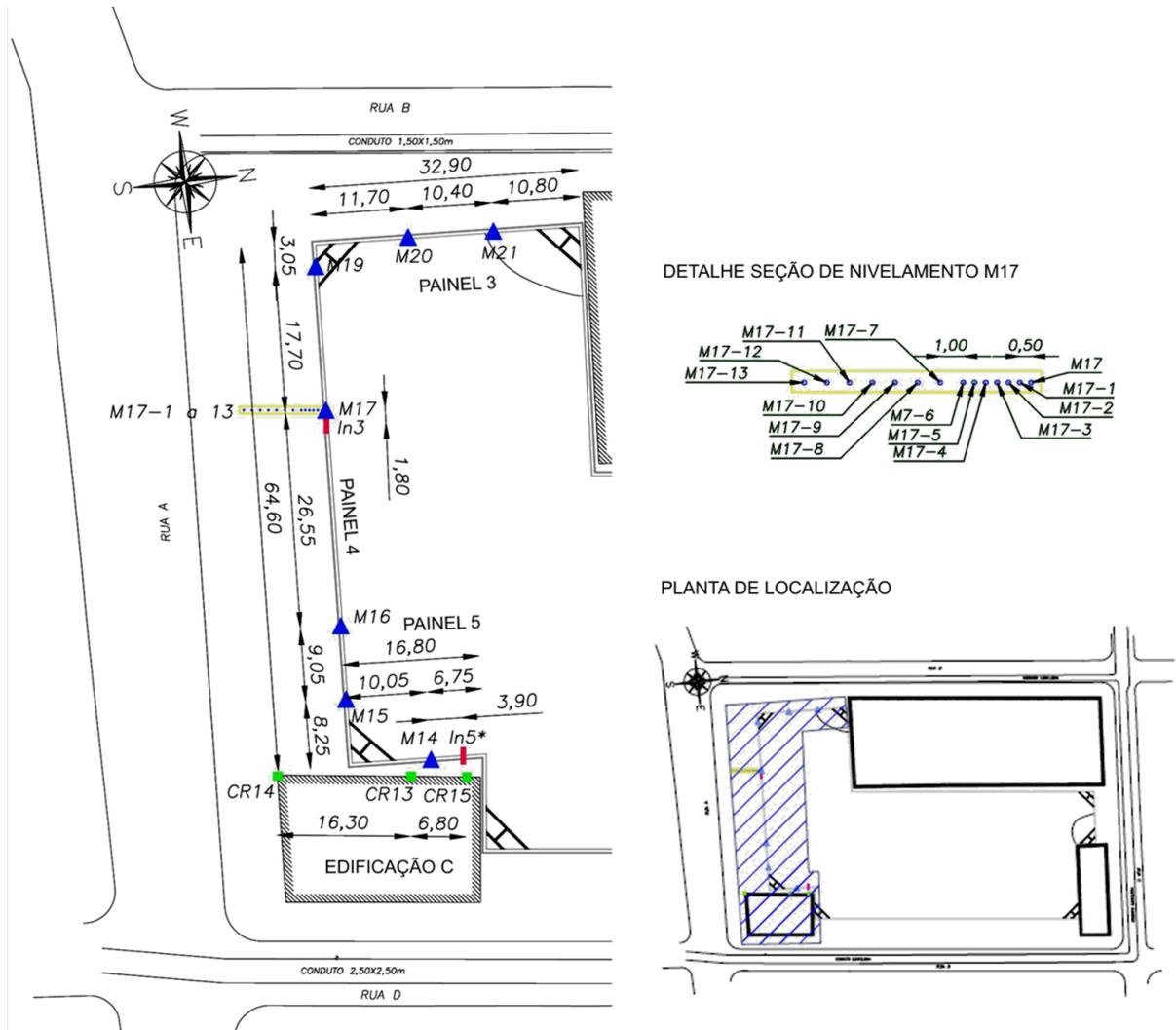
Não houve recalques no CR07, apenas soerguimentos. O maior soerguimento neste ponto, como comentado, foi de -6 mm. No CR08 o maior recalque foi de 1 mm, em 35 dias de monitoramento, e a maior distorção angular foi em relação a CR07 de $1/6520$. Nesta data havia sido escavado o primeiro nível e os tirantes não haviam sido protendidos no trecho próximo a edificação B, a situação era próxima a comentada em 284 dias de monitoramento: havia escavação mas não havia protensão de tirantes. O maior soerguimento do ponto ocorreu aos 119 dias de monitoramento, -3 mm, que ocasionou a maior distorção desta edificação, como já mencionado.

8.3 PAINEL 4

A análise do painel 4 engloba os painéis 3 e 5 e ainda a edificação C. Esta área abrangia a região sul da obra, figura 76. A seção de M15, M16 e M17 está definida na figura 77, as demais no apêndice F. Apenas o painel 5 contorna a edificação C, ela está representada na

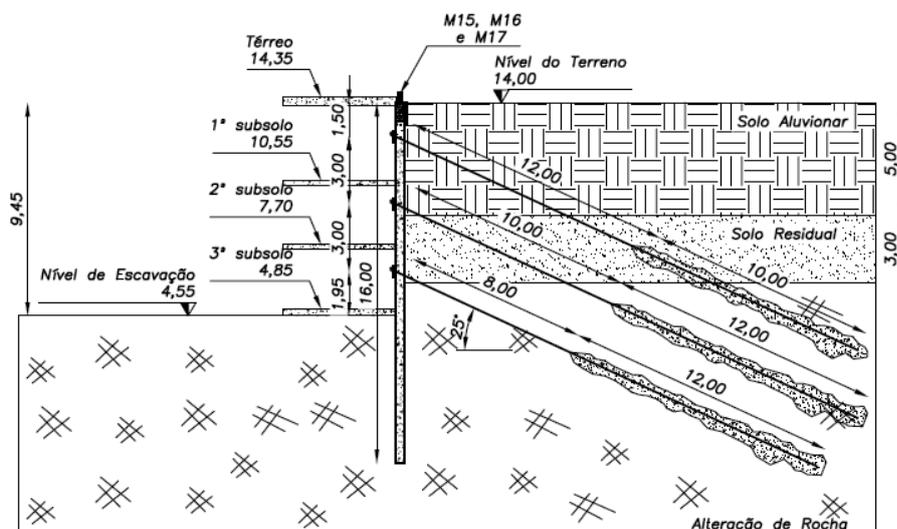
mesma seção de M14. Neste painel também estavam localizadas as plaquetas reflexivas que formavam In5*. In3 pode ser representado pela seção dos marcos M15, M16 e M17.

Figura 76 – Área de monitoramento: painel 4
(medidas apresentadas em metros)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 77 – Seção tipo M15, M16 e M17
(medidas apresentadas em metros)



(fonte: elaborado pela autora)

8.3.1 Monitoramento topográfico

A tabela 10 apresenta os dados do monitoramento topográfico da área do painel 4. As particularidades de leitura de cada marco foram abordadas ao longo do texto. As figuras 78 a 82 são resultados dos marcos do painel 3. Entre as figuras 83 e 86 os resultados dos marcos do painel 4 são exibidos. Os resultados do marco do painel 5 estão nas figuras 87 e 88. Os deslocamentos ocorridos após o intervalo de 158 dias computados nos painéis 3 e 4 são apresentados nas figuras 89 e 90. Como já mencionado, os deslocamentos das figuras são medidos em milímetros e as plantas baixas são ilustrativas e não estão em escala.

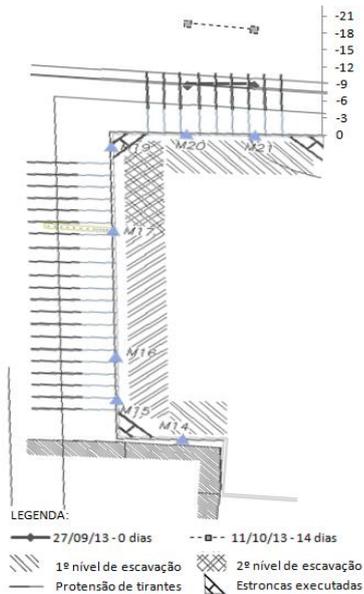
Tabela 10 – Painel 4: dados do monitoramento topográfico

Início (dd/mm/aaaa)	27/09/2013
Término (dd/mm/aaaa)	08/07/2014
Número total de leituras do painel 3	11
Número total de leituras do painel 4	10
Número total de leituras do painel 5	5
Início In5* (dd/mm/aaaa)	18/11/2013
Término In5* (dd/mm/aaaa)	31/01/2014

(fonte: elaborado pela autora)

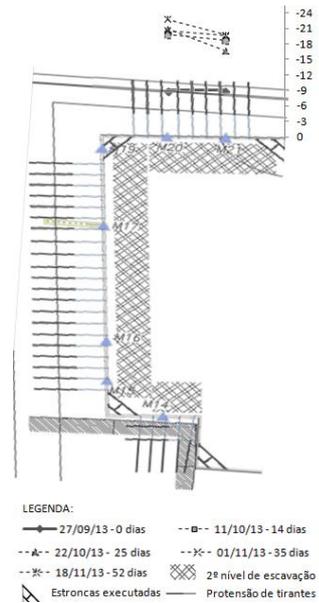
No painel 3, apenas M20 não foi lido aos 284 dias de monitoramento. A primeira leitura foi realizada 14 dias após a leitura zero. Em relação a leitura zero, apenas deslocamentos negativos ocorreram neste painel.

Figura 78 – Painel 3: 14 dias



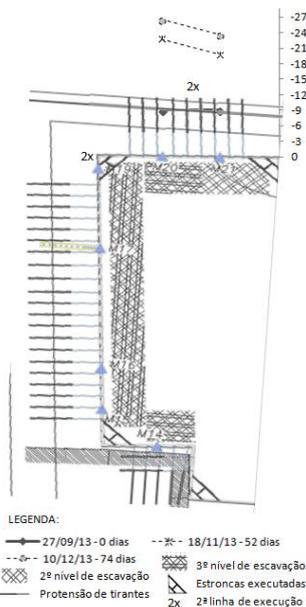
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 79 – Painel 3: 52 dias



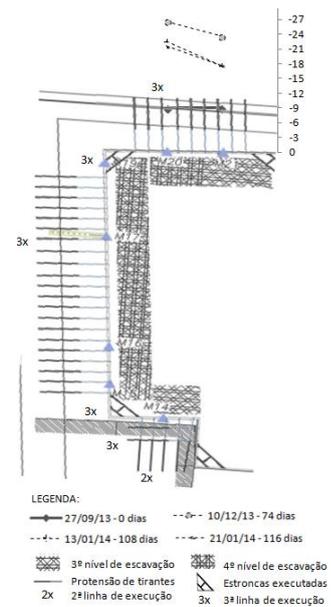
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 80 – Painel 3: 74 dias



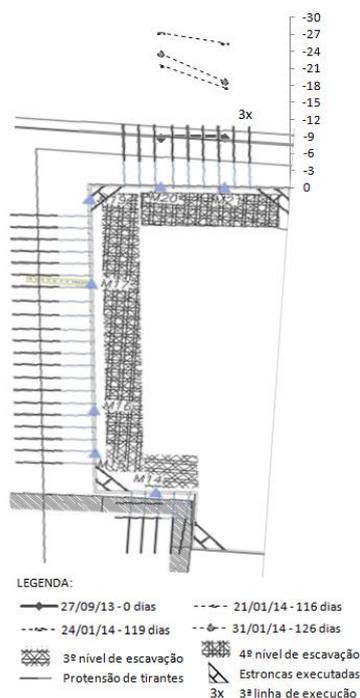
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 81 – Painel 3: 116 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 82 – Painel 3: 126 dias



(fonte: elaborado pela autora)

A leitura zero do painel 3 foi deslocada -9 mm, valor observado nos demais painéis para este caso, no qual o primeiro nível de escavação já havia sido executado, a primeira linha de tirantes já havia sido protendida e a primeira linha de estronca também já estava executada. Aos 14 dias a situação do painel se manteve a mesma e ele deslocou, em média, -10 mm (0,5% da altura escavada), figura 78. Este foi o maior deslocamento ocorrido no painel em relação a leitura anterior.

Aos 25 dias de monitoramento o segundo nível de escavação foi executado e assim se manteve até 52 dias de monitoramento, figura 79. Os deslocamentos foram de pequena magnitude. Em relação às leituras anteriores, o maior deslocamento, constatado nesta etapa, ocorreu ao 35 dias em M21: -2,90 mm, 0,07% da altura escavada. Em relação a leitura zero o maior deslocamento, neste período, foi de -13,8 mm, correspondendo a 0,33% da altura de escavação, em M20, aos 52 dias. A diferença entre os deslocamentos de M20 e M21 foi de aproximadamente 3 mm.

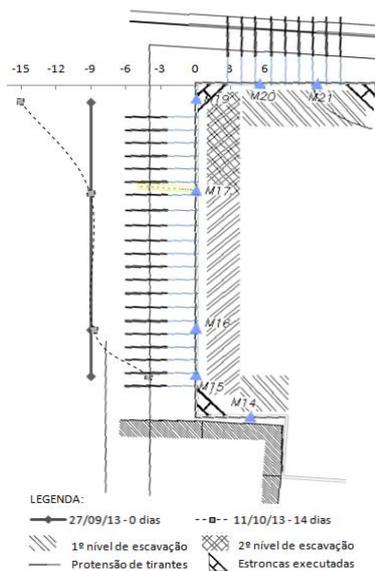
Em 74 dias, figura 80, a segunda linha de tirantes foi protendida, o trecho de M20 foi escavado até o terceiro nível e a segunda linha de estronca havia sido instalada. A diferença de deslocamentos para os dois marcos e suas leituras anteriores foi muito semelhante,

próximo a 3,75 mm, o que resultou a 0,05% da altura escavada para o M20 e 0,09% da altura escavada para o M21. Em relação a leitura zero, M20 deslocou -17,55 mm (0,23% da altura de escavação) e M21 -14,6 mm, ou 0,32% da altura escavada.

No trecho de M20, a terceira linha de tirantes foi protendida, a terceira linha de estronca executada e o quarto nível escavado aos 108 dias de monitoramento, a situação permaneceu a mesma até 116 dias (figura 81). O deslocamento deste marco, em relação a leitura zero, foi de aproximadamente -13 mm, 0,15% da altura de escavação. Aos 108 dias, em relação a leitura anterior, M20 deslocou 3,9 mm. Já no trecho de M21, apenas o terceiro nível foi escavado, seu deslocamento foi de -8,7 mm em relação a leitura zero, 0,12% da altura de escavação. Na leitura de 108 dias, M21 deslocou 5,95 mm em relação a leitura anterior, 0,08% da altura escavada.

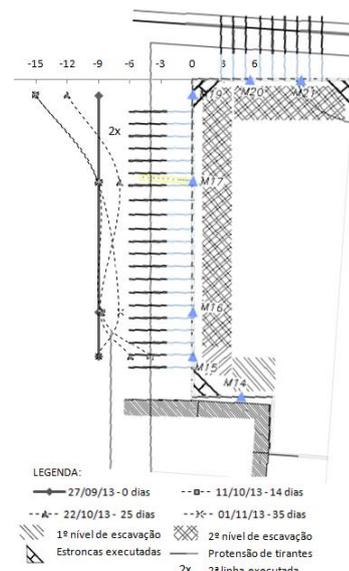
A partir dos 119 dias de monitoramento a escavação do painel 3 estava completa, figura 82. Os marcos deslocaram, em média, -17 mm – maior deslocamento em relação a leitura zero – ou seja, 0,19% da altura de escavação. Em relação a leitura anterior, M21 foi o marco que obteve maior deslocamento positivo: 6,66 mm, após 126 dias de monitoramento, 0,07% da altura escavada. Nesta data, M20 deslocou 3,70 mm em relação a leitura anterior.

Figura 83 – Painel 4: 14 dias



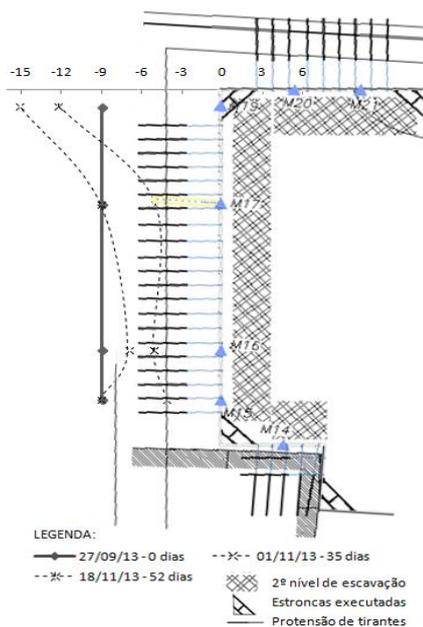
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 84 – Painel 4: 35 dias



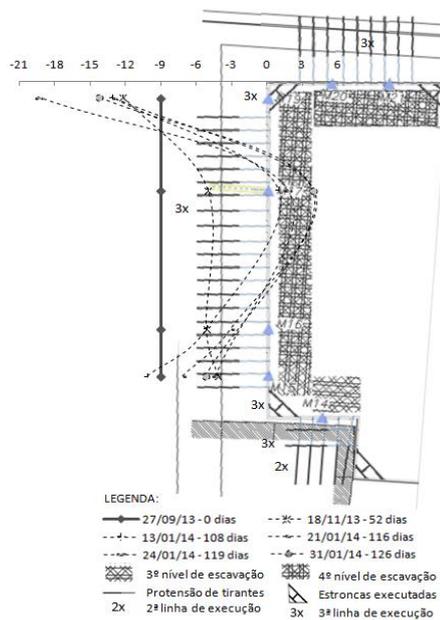
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 85 – Painel 4: 52 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 86 – Painel 4: 126 dias



(fonte: elaborado pela autora)

No painel 4 o monitoramento iniciou aos 14 dias e foi finalizado aos 284 dias. No entanto, apenas M17 foi lido nesta última data. Não houveram leituras aos 74 dias. A última leitura de M16 ocorreu em 116 dias de monitoramento, após isso este ponto no gráfico não foi computado, tendo seu deslocamento determinado como se fosse um local sem marco.

No dia em que ocorreu a leitura zero, a escavação do primeiro nível já estava executada, os tirantes da primeira linha estavam protendidos, a primeira linha de estronca executada e o segundo nível de escavação iniciado entre M17 e M19. Neste contexto, foi arbitrado um deslocamento de -9 mm para esta leitura, figura 83. Aos 14 dias a situação do painel continuava a mesma, M16 e M17 realizaram movimentos insignificantes, no entanto os demais marcos se deslocaram para lados opostos: M19 se movimentou -6,13 mm (0,12% da altura de escavação) e M15 deslocou 4,9 mm, 0,25% da altura escavada.

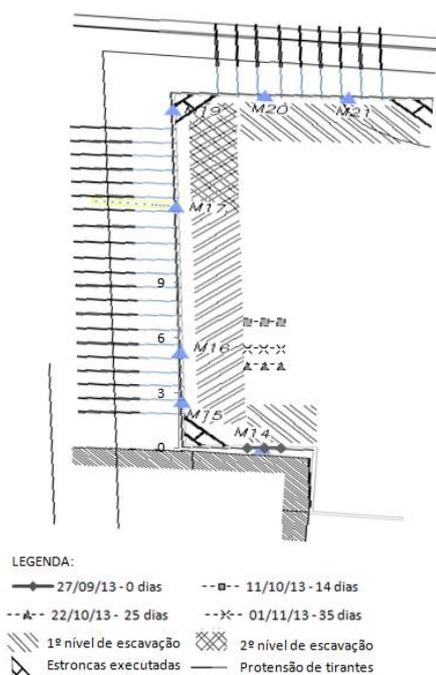
Aos 25 dias apenas o trecho de M15 não estava no segundo nível de escavação, figura 84. Em 35 dias de monitoramento a segunda linha de tirantes foi protendida. A magnitude dos deslocamentos destas leituras foram bastante pequenas, estando, em sua maioria, dentro da margem de erro da estação total. Em M17 e M19 ocorreu algo interessante, os marcos deslocaram 2 mm e 3 mm, respectivamente, aos 25 dias, e aos 35 dias retornaram -2 mm e -3 mm, voltando às suas posições originais aos 14 dias. M16 após 25 dias praticamente não se

deslocou e então, na leitura seguinte, deslocou 1,95 mm. O marco M15 deslocou -1,95 mm em relação a última leitura e aos 35 dias -3,10 mm, retornando a 0,14 mm de distância de sua posição na leitura zero.

Em 52 dias de monitoramento todo painel estava com o segundo nível escavado, figura 85. Apenas em M16 ocorreram pequenos deslocamentos. Os demais, comparados à leitura anterior, deslocaram 5 mm (M15), 4 mm (M17) e 3 mm (M19), sendo que o maior corresponde a 0,1% da altura de escavação.

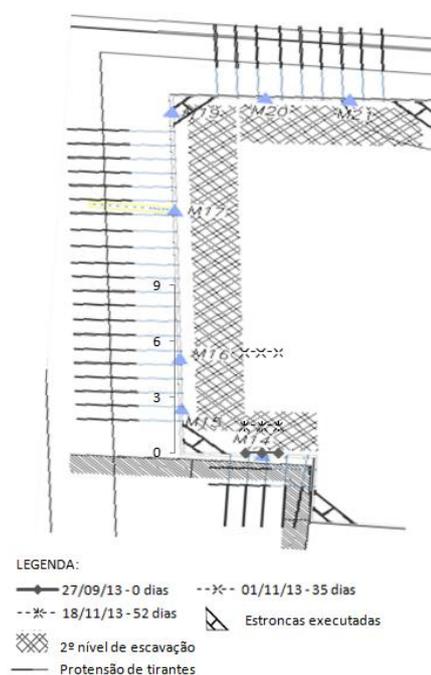
De 108 a 126 dias de monitoramento a situação se manteve a mesma (figura 86): terceira linha de tirantes protendida, terceira linha de estroncas executadas e quarto nível de escavação realizado (exceto em M15, que se encontrava no terceiro nível). Aos 108 dias M15 e M17 se movimentaram em direções opostas em relações as últimas leituras: M15 deslocou -6 mm, resultando em -1,15 mm de distância da leitura zero, e M17 deslocou 6 mm (o maior deslocamento positivo em relação a última leitura, 0,06% da altura de escavação) ou 10 mm da leitura zero, 0,11% da altura de escavação. M16 e M19 pouco se movimentaram em relação a última leitura. Os maiores deslocamentos comparando as leituras aos 116 dias e aos 108 dias foram de 2,95 mm, também em M15 e M17. Em 116 dias ocorreu o maior deslocamento positivo do painel em relação a leitura zero, o M17 deslocou 12,95 mm, ou 0,14% da altura escavada. Após 119 dias do início do monitoramento ocorreu, no M19, o maior deslocamento negativo no painel: -10,4 mm em relação a leitura zero, 0,11% da altura escavada, ou -6,23 mm em relação a última leitura. Na penúltima leitura, M17 é o que mais se distancia da leitura zero, 12,84 mm, no entanto é o marco que está mais próximo da posição original do painel, 3,84 mm. M15 se localiza a -5,24 mm da posição inicial e M19, -14,28 mm.

Figura 87 – Pannel 5: 35 dias



(fonte: elaborado pela autora)

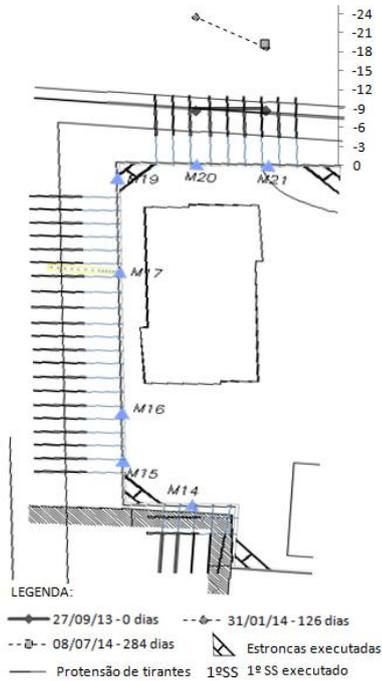
Figura 88 – Pannel 5: 52 dias



(fonte: elaborado pela autora)

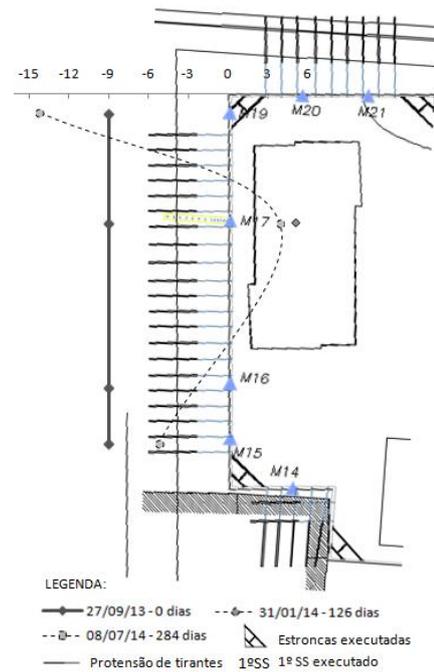
No painel 5, a primeira leitura foi aos 14 dias e a última aos 52 dias. Enquanto apenas o primeiro nível havia sido escavado, houveram 4 leituras: até 35 dias de monitoramento (figura 87). Aos 52 dias de monitoramento, a primeira linha de tirantes foi protendida e o segundo nível escavado (figura 88). Em relação a leitura zero, apenas deslocamentos positivos ocorreram e o maior foi aos 14 dias: 6,89 mm, ou 0,34% da altura escavada. Aos 25 dias o marco se movimentou -2,33 mm em comparação a leitura anterior e aos 35 dias se deslocou menos de 1 mm. Em 52 dias ocorreu o maior deslocamento negativo em relação a última leitura: -4 mm, 0,08% da altura escavada.

Figura 89 – Painel 3: 284 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 90 – Painel 4: 284 dias

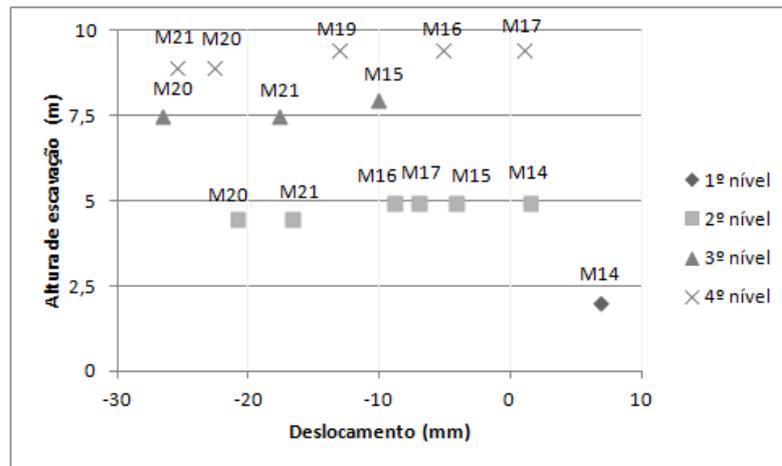


(fonte: elaborado pela autora)

Em ambos os painéis, 3 e 4, apenas um marco foi lido. Estes marcos praticamente não se movimentaram, principalmente considerando que se passaram 158 dias da última leitura. M21 se deslocou -0,57 mm (figura 89) e M17, 1,19 mm (figura 90).

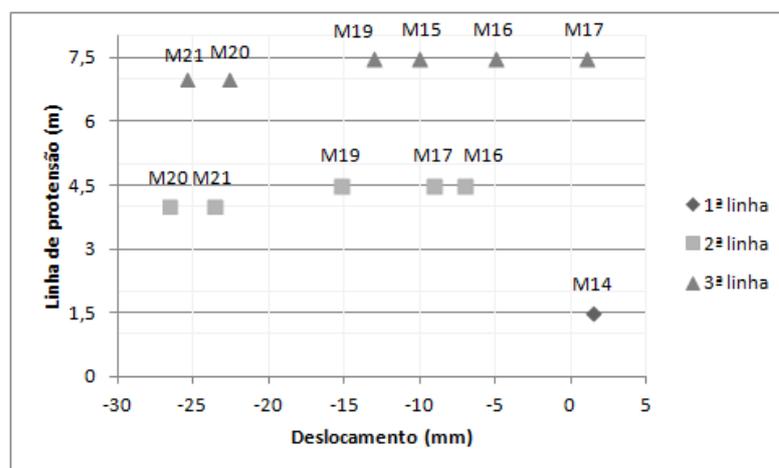
Uma visão geral da magnitude dos deslocamentos em relação a altura escavada e a protensão dos tirantes da área do painel 4 é apresentada nas figuras 91 e 92.

Figura 91 – Painel 4: Deslocamentos (mm) x Altura de escavação (m)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 92 – Painel 4: Deslocamentos (mm) x Linha de protensão (m)

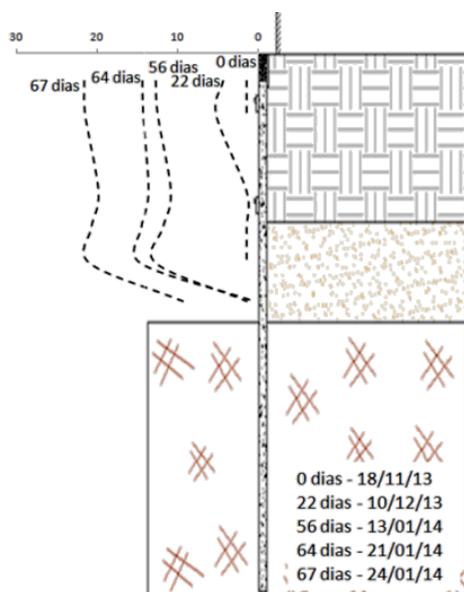


(fonte: elaborado pela autora)

As figuras 93 e 94 apresentam os resultados de In5*, complementação dos dados obtidos pelos deslocamentos de M14 no painel 5. Os deslocamentos em relação a leitura zero, dia 18/11/2013, foram todos positivos. O monitoramento foi concluído, com um total de 6 leituras, no dia 31/01/2014. O último deslocamento de M14, também no dia 18/11/2013, acusou um deslocamento de 1,46 mm em relação ao painel imóvel. Portanto, foi arbitrado este mesmo deslocamento para leitura zero de In5*. Apenas as duas primeiras plaquetas tiveram sua leitura zero em 18/11/2013, as plaquetas 3, 4 e 5 tiveram seus deslocamentos monitorados após 22 dias e a plaqueta 6 após 56 dias. Dos 22 dias aos 67 dias o nível de escavação se manteve no terceiro e os tirantes protendidos em apenas duas linhas. Aos 74 dias, a terceira linha de tirantes foi protendida.

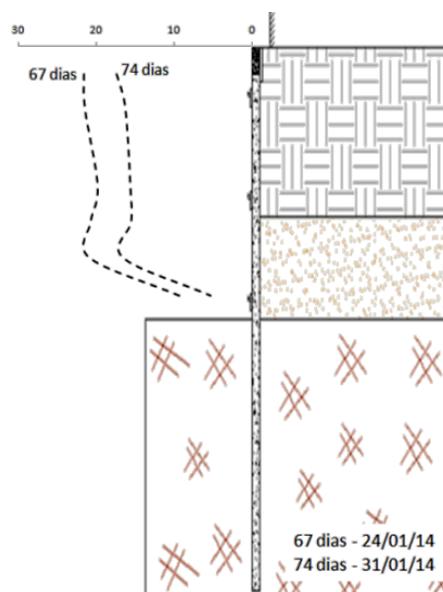
A figura 93 apresenta apenas resultados positivos em relação as leituras anteriores, o que pode indicar a acomodação das partículas de solo, no momento que não houveram novas atividades no painel. Os maiores deslocamentos, em relação a última leitura, foram aos 56 dias de monitoramento, com uma média de 10 mm, ou 0,13% da altura escavada. Aos 67 dias de monitoramento foi quando o painel atingiu o maior deslocamento positivo, em média 20 mm ou 0,25% da altura escavada. Na figura 94, o monitoramento após 74 dias está ilustrado: em média o painel se movimentou -5 mm, em relação a leitura anterior, com a protensão da terceira linha de tirantes.

Figura 93 – In5*: 67 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 94 – In5*: 74 dias



(fonte: elaborado pela autora)

8.3.2 Monitoramento com inclinômetro

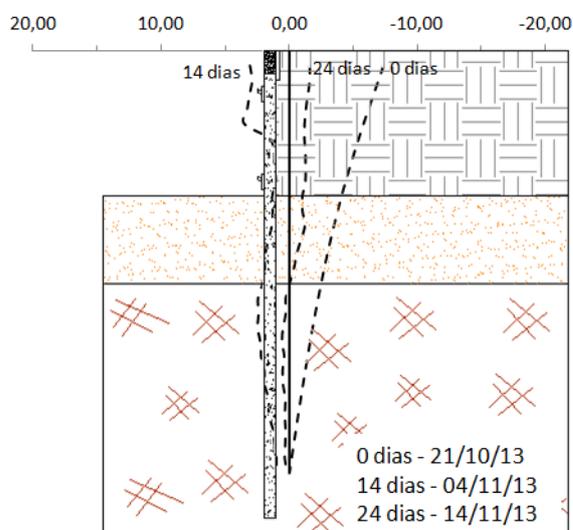
A tabela 11 apresenta os dados de In3. Nas figuras 95 a 97 são apresentados os resultados, obtidos a partir de In3, do perfil de solo adjacente ao painel 4. Segundo a seção representativa de In3, o tubo guia está cravado 6,5 m em rocha alterada, o que, na prática, é pouco provável. A partir dos resultados obtidos, nota-se uma movimentação no pé do tubo, indicando que ele não encontrou a rocha na profundidade em questão. Na leitura zero, a primeira linha de tirantes já havia sido protendida, portanto foi determinado um deslocamento inicial. A régua de deslocamentos acima da seção mede em milímetros.

Tabela 11 – Painel 4: dados do monitoramento com inclinômetros

Início (dd/mm/aaaa)	21/10/2013
Término (dd/mm/aaaa)	15/02/2014
Número total de leituras	8

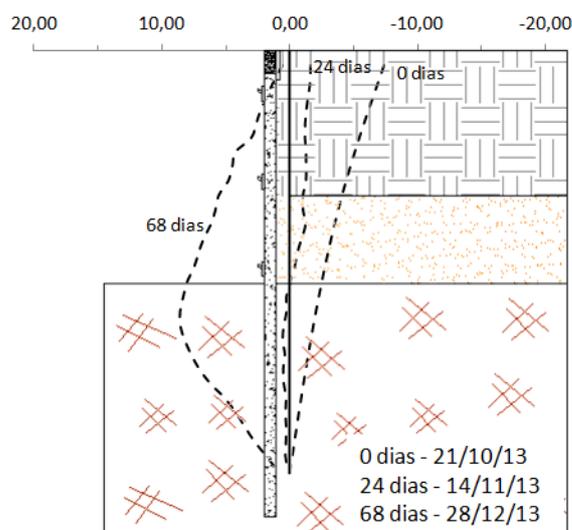
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 95 – In3: 24 dias



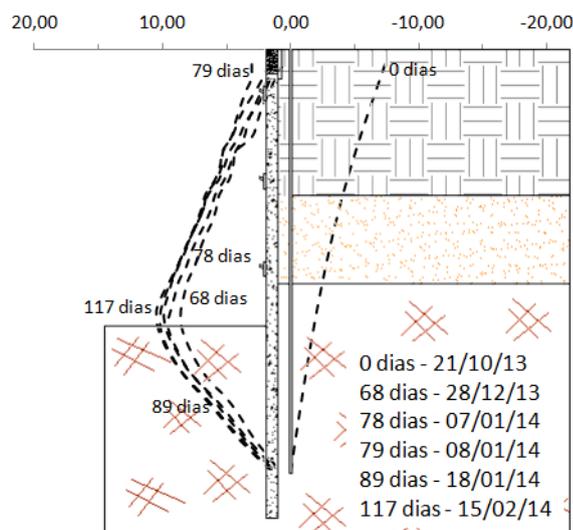
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 96 – In3: 68 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 97 – In3: 117 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Não houveram deslocamentos negativos em relação a leitura zero em nenhuma leitura. Aos 14 dias a segunda linha de tirantes foi protendida e nota-se um leve abaulamento negativo no perfil de solo, de 3,0 m de profundidade a 8,0 m de profundidade, figura 95. O maior deslocamento positivo foi do topo até 2,5 m de profundidade, uma média de 3 mm em relação ao eixo do tubo, ou 9,7 mm em relação a leitura zero (0,19% da altura escavada). O pé do

tubo acusou um deslocamento de 1,08 mm. Aos 24 dias, até 8,0 m de profundidade o perfil deslocou, em relação ao eixo do tubo, para o lado contrário da escavação. O maior deslocamento negativo, em relação ao eixo do tubo, ocorreu no topo desta leitura: -1,63 mm, ou -4,70 mm em relação a leitura anterior, reduzindo linearmente até chegar a -0,04 mm aos 8,0 m. A média dos deslocamentos, em relação ao eixo, foi de apenas 0,3 mm. Em relação a leitura zero, ocorreu um deslocamento de 5,70 mm no topo do tubo, 0,11% da altura escavada.

Em 68 dias de monitoramento, a terceira linha de tirantes já havia sido protendida, figura 96. No entanto, notou-se o maior deslocamento positivo até o momento: 8,60 mm, em relação ao eixo do tubo, aos 9,5 m de profundidade. Ocorreu um embarrigamento no perfil, que iniciou no topo, com 0,62 mm de deslocamento, teve seu ponto máximo aos 9,5 m e foi finalizado no pé do tubo, com 1,03 mm de deslocamento. Em relação a leitura zero, o maior deslocamento foi de 10,41 mm, correspondendo a 0,21% da altura de escavação.

As leituras a partir dos 68 dias de monitoramento permaneceram bastante próximas entre si, figura 97. Em 78 dias de monitoramento, a escavação estava finalizada. O perfil de solo permaneceu com o mesmo comportamento e gerou pequenos deslocamentos positivos em relação a última leitura. A média da diferença de deslocamentos, entre a última leitura e a leitura aos 68 dias de monitoramento, foi de apenas 1,30 mm. Em 117 dias ocorreu o maior deslocamento positivo: em 9,0 m de profundidade, verificou-se um deslocamento de 10,43 mm em relação ao eixo do tubo ou 12,45 mm em relação a leitura zero, correspondendo a 0,13% da altura escavada.

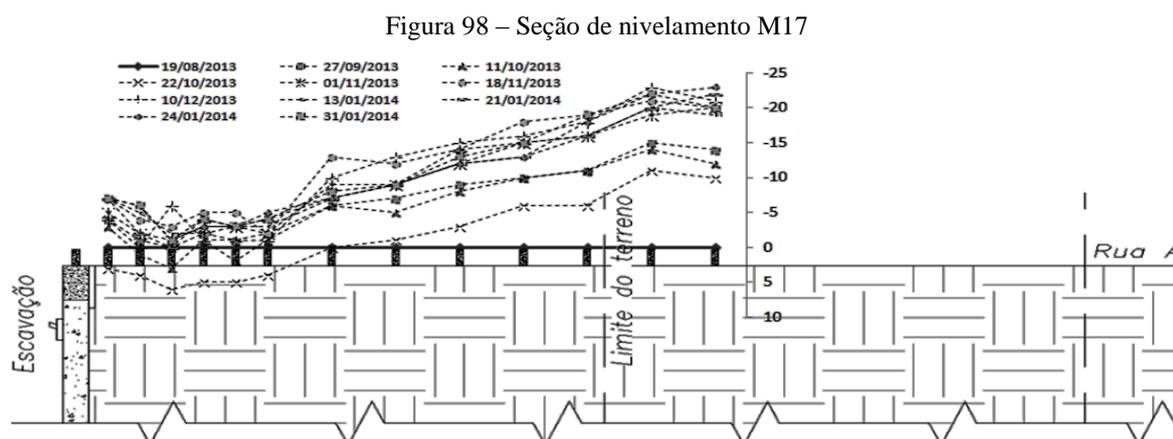
8.3.3 Monitoramento de recalques adjacentes à escavação

O monitoramento dos recalques adjacentes ao painel 4 iniciou quando o painel já estava executado, no princípio da escavação, a tabela 12 apresenta os dados de interesse. A figura 106 exibe seu resultado em milímetros. As condições de campo da seção de nivelamento M17 não eram ideais. Ela estava locada próxima ao portão de descarga de caminhões, em certas visitas ao canteiro foram encontrados materiais depositados em sua proximidade e havia alto tráfego de pessoas próximo aos primeiros marcos, já que a seção M17 era locada ao lado das áreas de vivência do canteiro.

Tabela 12 – Painel 4: dados do monitoramento de recalques adjacentes

Início (dd/mm/aaaa)	19/08/2013
Término (dd/mm/aaaa)	31/01/2014
Número total de leituras	11

(fonte: elaborado pela autora)



(fonte: elaborado pela autora)

No trecho dos primeiros marcos (M17-1 a M17-6) é possível notar um maior recalque (ou menor soerguimento) se comparados ao trecho do M17-7 ao M17-13. Este comportamento pode ter sido ocasionado pelo tráfego de pessoas neste local. No dia 27/09/2013 a primeira linha de tirantes havia sido protendida, causando um soerguimento de -4 mm no M17-1, do M17-2 ao M17-6 um soerguimento médio de -1 mm e um soerguimento crescente de -6 mm (M17-7) a -14 mm (M17-13), ou 0,28% da altura escavada. Na leitura de 11/10/2013 o segundo nível foi escavado de M17 a M19, a variação dos deslocamentos foi pequena entre as leituras. O maior recalque ocorreu no dia 22/10/2013, quando a escavação estava no segundo nível e a perfuração para colocação dos tirantes estava executada. De M17-1 a M17-3 o recalque variou de 3 mm a 6 mm (0,12% da altura escavada), a partir deste ponto decresceu até chegar em 0 mm no M17-7 e em M17-13 o soerguimento chegou a -10 mm. Em relação a última leitura (11/10/2013), o recalque foi de 4 mm em média, a principal variável entre as leituras foi a escavação do segundo nível entre os marcos M15 e M17. No dia 01/11/2013, a segunda linha de tirantes foi protendida e o solo soergueu -8 mm (0,16% da altura de escavação) após o último recalque. Na data de 18/11/2013 não houveram modificações neste trecho do painel e a diferença de deslocamentos em relação a última leitura foi mínima, no entanto 46% dos marcos da seção atingiram seu máximo soerguimento. Considerando os

primeiros marcos (até M17-6), M17-1 foi o que mais soergueu em relação a leitura zero: -7 mm (0,14% da altura escavada), os demais soergueram entorno de -5 mm. Entre os marcos finais, o M17-11 que sofreu maior deslocamento, -19 mm em relação a leitura zero, ou 0,38% da altura de escavação. No dia 10/12/2013, a variação dos deslocamentos em relação a leitura anterior também foi pequena, porém nesta data o terceiro nível de escavação já estava executado. 30,1% dos marcos atingiram seu máximo soerguimento em relação a leitura zero: no primeiro trecho apenas M17-3, com -6 mm e entre os marcos após M17-6 ocorreu um deslocamento de -23 mm em M17-12, maior movimentação ocorrida na seção – que corresponde a 0,29% da altura escavada. No dia 13/01/2014 a escavação estava concluída, portanto entre esta e a última leitura os tirantes da terceira linha foram protendidos. Os marcos do primeiro trecho soergueram, no entanto os marcos restantes recalçaram em média 3 mm em relação a leitura anterior. Nas últimas leituras a situação no canteiro permanecia a mesma e os deslocamentos refletiram esse fato, com variações mínimas ou até nulas.

8.3.4 Monitoramento das edificações adjacentes

A edificação C foi monitorada por 3 pontos de controle distribuídos em uma mesma fachada, pois a edificação adjacente a ela não autorizou a entrada da equipe para fixação das plaquetas reflexivas. Os pontos extremos foram comparados com o ponto central. A tabela 13 apresenta os dados de interesse.

Tabela 13 – Painel 4: dados do monitoramento das edificações adjacentes

Início (dd/mm/aaaa)	27/09/2013
Término (dd/mm/aaaa)	08/07/2014
Número total de leituras	12
Leitura não executada em CR14 (dd/mm/aaaa)	10/12/2013

(fonte: elaborado pela autora)

CR14 estava fixado no trecho da fachada que se encontrava fora do canteiro de obras e não sofreu deslocamentos até 52 dias de leitura. Nos demais dias recalçou 1 mm, exceto aos 116 dias que recalçou 3 mm e aos 126 dias que recalçou 4 mm em relação a leitura zero. Após 284 dias, em relação a leitura zero não ocorreu recalque, no entanto em relação a leitura anterior,

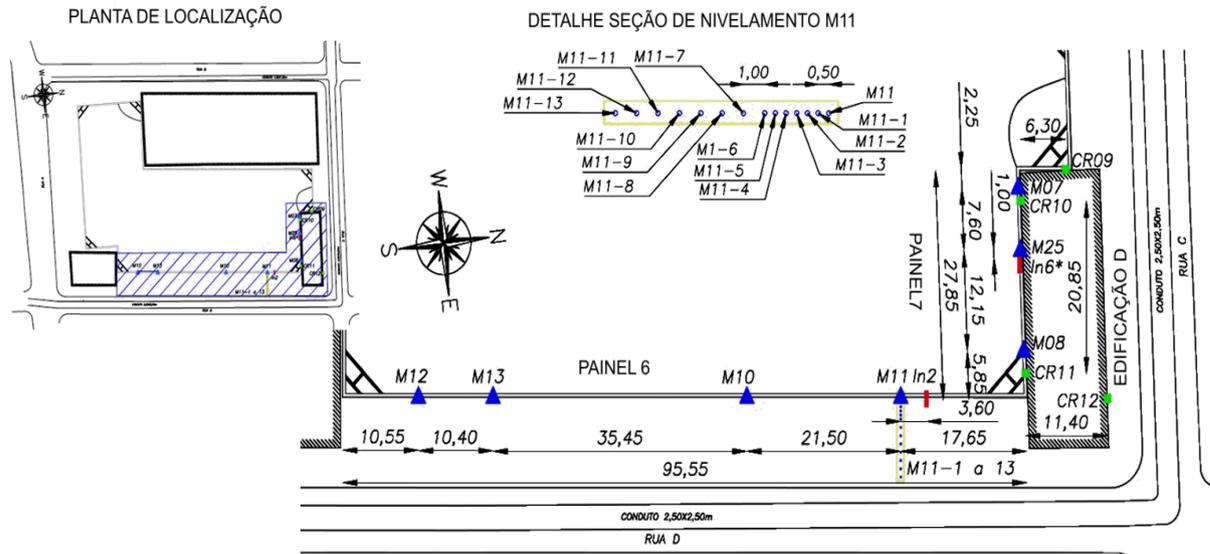
158 dias atrás, o ponto soergueu -4 mm. A maior distorção angular em relação a CR13 ocorreu em 284 dias de monitoramento: 1/2329.

CR15 estava próximo ao canto da edificação e acima do painel 5, que durante 35 dias de monitoramento permanecia com apenas o primeiro nível de escavação. Na primeira leitura, ocorreu um recalque de 2 mm, na segunda leitura não houve deslocamentos em relação a primeira. Aos 35 dias foi perfurado o painel para colocação da primeira linha de tirantes ocorreu um recalque de 3 mm em relação a leitura anterior. Aos 52 dias foi protendida a primeira linha de tirantes e escavado o segundo nível, o ponto soergueu -3 mm. Em 74 dias de monitoramento o terceiro nível estava escavado, no entanto o ponto não apresentou movimentação em relação a última leitura. Após 81 dias, o ponto soergueu -2 mm em relação a leitura anterior e gerou uma distorção angular de 1/1700 (a segunda maior da edificação), apenas as cordoalhas estavam sendo inseridas nos furos da terceira linha. Aos 108 dias de monitoramento, houve um recalque de 5 mm. Aos 116 dias os tirantes foram instalados, o ponto de controle soergueu 1 mm em relação a leitura anterior e aos 119 recalcou 1 mm. Em 126 dias de monitoramento a terceira linha de tirantes foi protendida, no entanto ocorreu um recalque de apenas 1 mm em relação a última leitura. Após 284 dias, ocorreu o maior recalque da edificação: 7 mm em relação a leitura anterior ou 13 mm em relação a leitura zero, este comportamento resultou na maior distorção angular da edificação, de 1/1133.

8.4 PAINEL 6

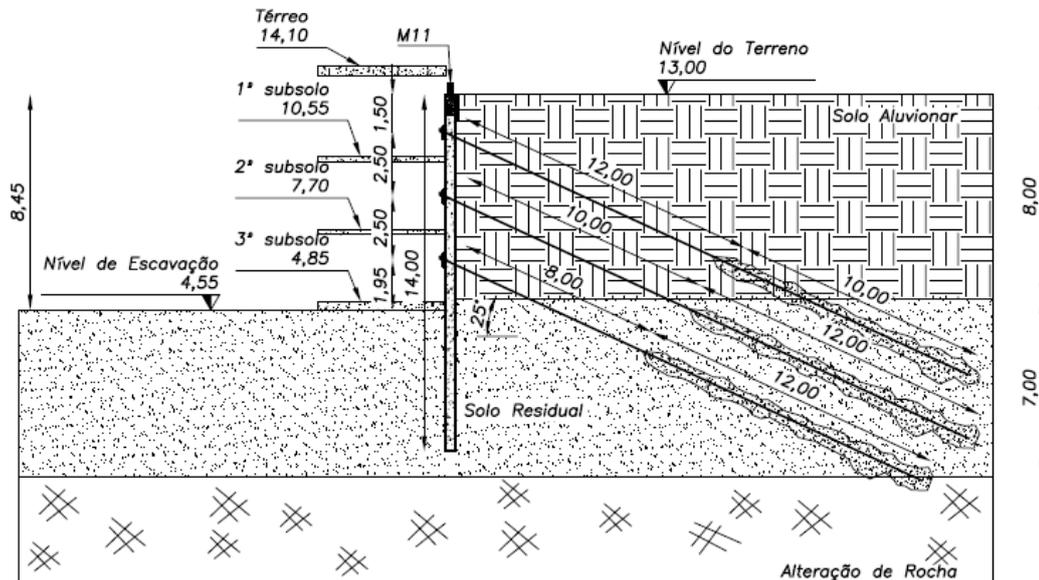
A análise do painel 6 é realizada junto a análise do painel 7, de menor comprimento, e a análise da edificação D. Esta área se situa a nordeste da obra, figura 99. As seções representativas de cada marco são encontradas no apêndice F, a seção tipo do marco M11 é ilustrada na figura 100. A seção de In2 é a mesma de M11. A edificação D é apresentada na seção de M07, M08 e M25. Houve uma alteração na instalação em campo em relação ao projeto: M12 foi executado em local distinto. Contudo, a figura 99 já foi elaborada conforme a disposição da instrumentação em campo.

Figura 99 – Área de monitoramento: painel 6
(medidas apresentadas em metros)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 100 – Seção tipo M11
(medidas apresentadas em metros)



(fonte: elaborado pela autora)

8.4.1 Monitoramento topográfico

Os dados do monitoramento topográfico da área do painel 6 são apresentados na tabela 14. M12 foi instalado 74 dias após o início das medições, verificou-se que o melhor

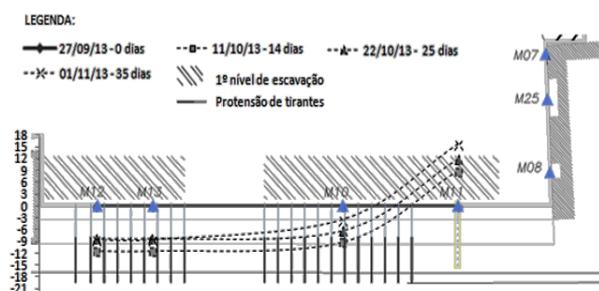
comportamento que poderia ser arbitrado para ele até o dia 18/11/2013 era o comportamento de M13. M10 não foi lido no dia 10/12/2013 e para não fugir da realidade, pois seu comportamento não era semelhante com os marcos em sua proximidade, foi preferível indicar essa leitura faltante com o mesmo valor de sua leitura anterior. No painel 7, apenas no último dia todos marcos foram lidos, os dados de In6* os complementaram. As figuras 101 a 106 apresentam os resultados dos marcos do painel 6 e a figura 107, do painel 7. A análise inicia no 14º dia de monitoramento e é finalizada após 126 dias. Os deslocamentos das figuras são medidos em milímetros e as plantas baixas são ilustrativas e estão fora de escala.

Tabela 14 – Painel 6: dados do monitoramento topográfico

Início do painel 6 (dd/mm/aaaa)	27/09/2013
Término do painel 6 (dd/mm/aaaa)	31/01/2014
Número total de leituras do painel 6	10
Início do M12 (dd/mm/aaaa)	10/12/2013
Número total de leituras do M12	5
Início do painel 7 (dd/mm/aaaa)	11/10/2013
Término do painel 7 (dd/mm/aaaa)	18/11/2013
Início In6* (dd/mm/aaaa)	17/12/2013
Término In6* (dd/mm/aaaa)	31/01/2014
Número total de leituras de In6*	5

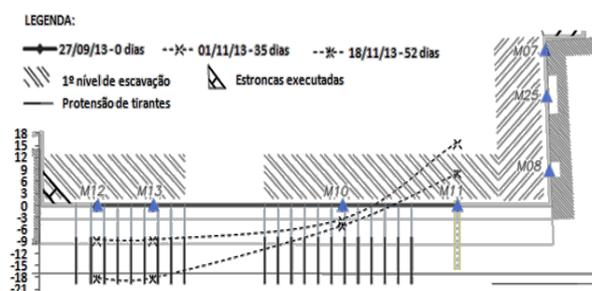
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 101 – Painel 6: 35 dias



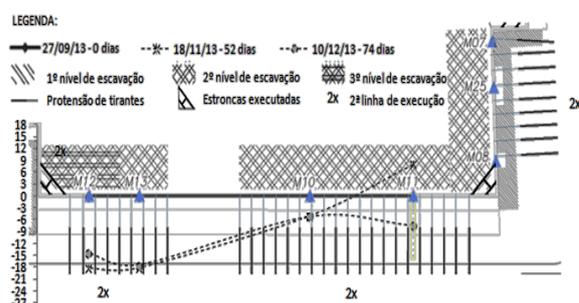
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 102 – Painel 6: 52 dias



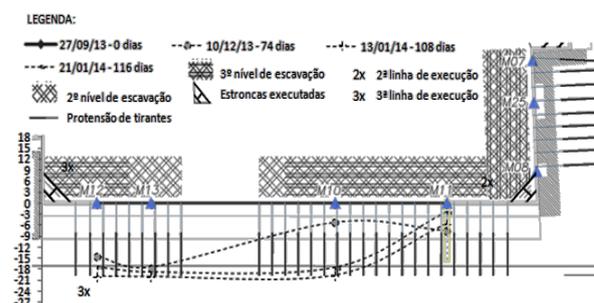
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 103 – Painel 6: 74 dias



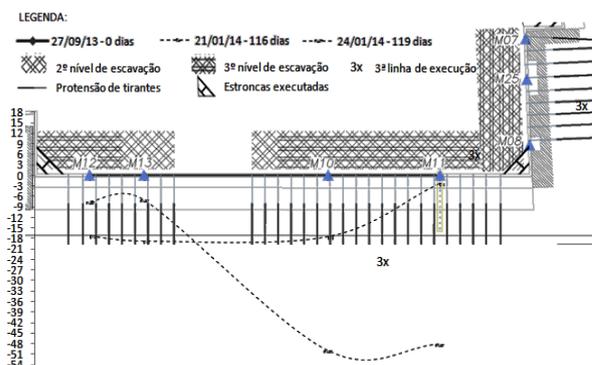
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 104 – Painel 6: 116 dias



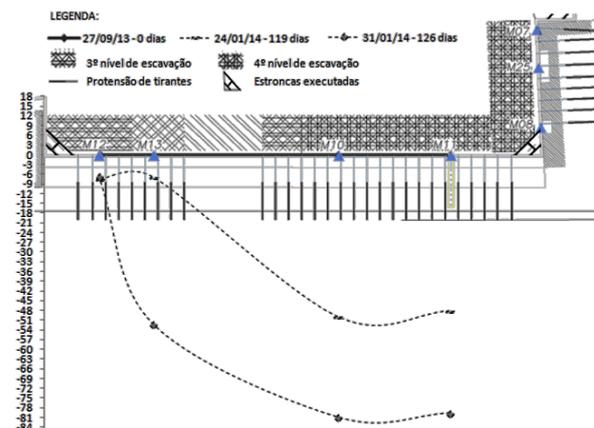
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 105 – Painel 6: 119 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 106 – Painel 6: 126 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Alguns dos tirantes foram protendidos entre a leitura zero e os 14 dias de monitoramento. Dessa forma, não foi possível observar o alívio de tensões ocorridos devido ao primeiro nível de escavação em M10 e M13, apenas em M11, trecho em que estrutura de contenção ainda não estava protendida. O deslocamento médio de M10 e M13 foi de -10 mm com a protensão, figura 101, enquanto M11 sofreu 9 mm de deslocamento positivo, 0,45% da altura escavada, com a execução da escavação do primeiro nível. Como o primeiro nível de escavação de M13 é maior que de M10 (ver apêndice F), o deslocamento em M13 foi referente a 0,75% da altura escavada, enquanto de M10 foi de 0,46%. Até os 35 dias de monitoramento, não ocorreram novos eventos próximos ao painel 6 e este deslocou aproximadamente 3 mm em relação a leitura anterior. M11 foi o marco que sofreu o maior deslocamento positivo em relação a leitura zero: 15,8 mm, ou 0,79% da altura escavada.

Aos 52 dias, figura 102, a primeira linha de estroncas foi instalada próximo de M12. Observou-se uma movimentação, novamente negativa, de maior intensidade em M13 do que nos demais marcos: -9,75 mm em relação a leitura anterior, 0,65% da altura de escavação. Após 74 dias, figura 103, ocorreu a protensão da primeira linha dos tirantes próximos a M11, o painel já se encontrava no segundo nível de escavação, foram executadas a primeira linha de estroncas em M11 e a segunda em M12 e foi escavado o terceiro nível em M12. Entre M13 e M10 existia uma rampa para entrada de caminhões, por este motivo ainda não havia sido escavado. Tendo em vista esta série de atividades entre as leituras, o marco que sofreu maior movimentação foi M11, com -15 mm de deslocamento em relação a leitura anterior, ou 0,34% da altura escavada.

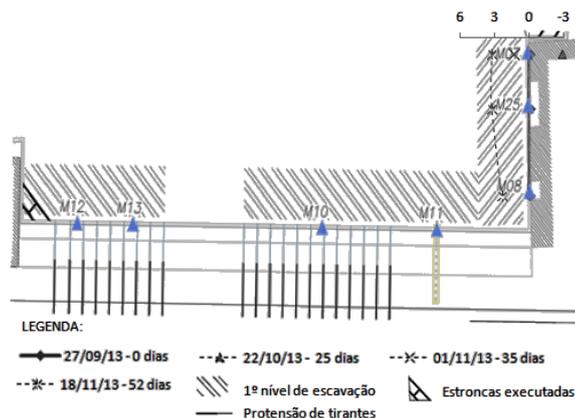
O painel 6, em praticamente sua totalidade, se encontrava no terceiro nível de escavação com 108 dias de monitoramento, figura 104. Entre M13 e M10 ainda estava locada a rampa já mencionada, o pé do talude que a formava estava abaixo de M13 e nas proximidades de M10, por este motivo, estas áreas se encontravam em um nível acima de escavação em relação as demais. O maior deslocamento foi de M10 (-14,5 mm em relação a leitura anterior), no entanto, a leitura do dia 10/12/2013, como já comentado, não havia sido realizada, é provável que este deslocamento seja fruto da protensão da segunda linha de tirantes. M12 respondeu a execução da terceira linha de estronca com -5,65 mm de deslocamento, porém isto corresponde a apenas 0,075% da altura escavada. M11 não respondeu às solicitações, a propósito, sua movimentação em direção a escavação foi insignificante. Aos 116 dias nada ocorreu e a média de deslocamento dos marcos em relação a leitura anterior foi de 2,5 mm.

Em 119 dias de monitoramento (figura 105) ocorreu o maior deslocamento negativo relativo a leitura anterior: -45,89 mm em M11, 0,65% da altura de escavação. A movimentação de M10 foi de -32,40 mm. Estes deslocamentos foram resultados da protensão da terceira linha de tirantes e da execução da terceira linha de estroncas. Em M12 e M13 não houveram novas atividades, este é o provável motivo da movimentação positiva: acomodação das partículas do solo e excesso de solicitação no lado oposto. Os deslocamentos positivos dos marcos ficaram em uma média de 10 mm, ou seja os maiores ocorridos no painel 6, no entanto correspondem a apenas 0,13% da altura escavada.

A última leitura (figura 106), após 126 dias, também computou deslocamentos negativos altos, mesmo iniciadas a escavação do quarto nível e a escavação do ponto onde a rampa

estava locada. M13 se deslocou -45,35 mm em relação a leitura anterior, porém por apenas dois níveis estarem escavados, isto corresponde a 1% da altura de escavação. M10 e M11 se movimentaram -31 mm, ou o maior deslocamento negativo em relação a leitura zero: -80 mm, 0,95% da altura escavada.

Figura 107 – Pannel 7: 52 dias

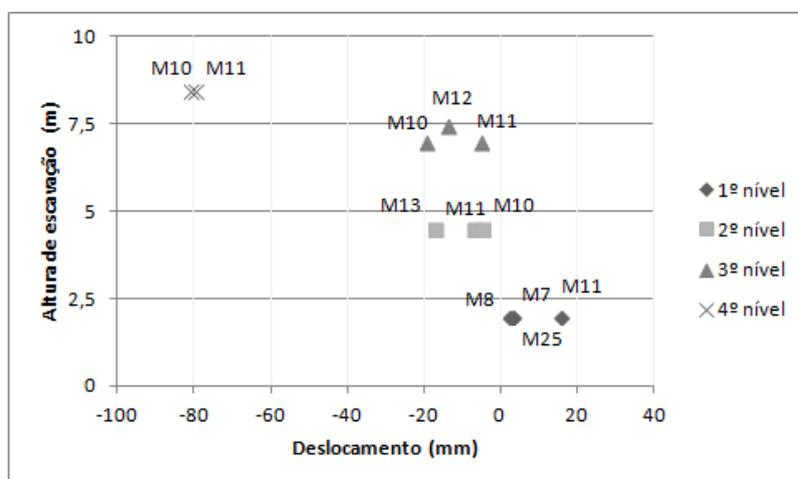


(fonte: elaborado pela autora)

Como dito anteriormente, houveram apenas 4 leituras para o painel 7 (figura 107). Além do mais, a magnitude dos deslocamentos foram extremamente pequenas, podendo, inclusive, estar dentro da margem de erro. A leitura zero de M8 foi aos 14 dias de monitoramento, portanto aos 25 dias ocorreu a primeira leitura de deslocamento. Aos 25 dias e aos 35 dias o painel ainda não estava escavado e ocorreram, respectivamente, os seguintes deslocamentos em relação a leitura zero: -2,8 mm e 1,4 mm. Após 35 dias de monitoramento, o primeiro nível de escavação foi executado. A leitura zero de M7 e M25 foi realizada aos 25 dias de monitoramento. Todos os marcos realizaram movimentos para dentro da escavação, como esperado. A média dos deslocamentos foi de 3 mm.

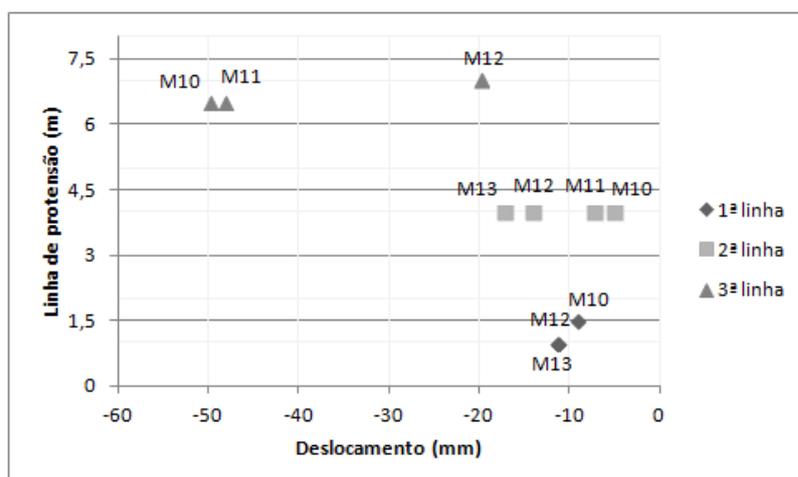
Nas figuras 108 e 109 são apresentados o resultado dos deslocamentos em função da altura escavada e da linha protendida da área do painel 6.

Figura 108 – Painel 6: Deslocamentos (mm) x Altura de escavação (m)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 109 – Painel 6: Deslocamentos (mm) x Linha de protensão (m)



(fonte: elaborado pela autora)

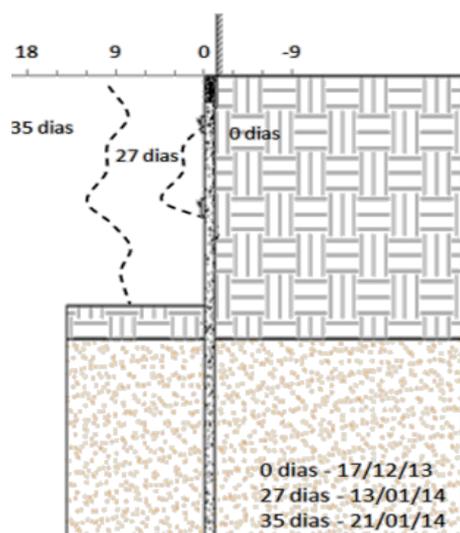
Nas figuras 110 a 112 são apresentados os resultados das plaquetas reflexivas fixadas no painel 7. Foi arbitrado um deslocamento negativo de -1 mm da leitura zero, já que duas protensões já haviam sido executadas. As primeiras 5 plaquetas (considerando a primeira no topo do painel) tiveram sua primeira leitura no dia 17/12/2013, as demais no dia 13/01/2014. Da leitura zero aos 27 dias foi escavado o terceiro nível, as primeiras duas plaquetas deslocaram 0,15 mm, a terceira e a quarta plaquetas – profundidades 2,10 m e 3,00 m, respectivamente – deslocaram aproximadamente 3 mm em direção a escavação e a quinta plaqueta deslocou 5 mm em direção a escavação (profundidade 3,85 m, próxima a segunda linha de tirantes). Com 35 dias de monitoramento a situação permaneceu a mesma, e é

provável que o rearranjo das partículas de solo continuou provocando deslocamentos positivos. Nesta etapa, o maior deslocamento foi de 10,5 mm, em relação a leitura anterior, na primeira plaqueta (0,35 m de profundidade) e sexta plaqueta (4,50 m de profundidade), o que significa 0,15% da altura de escavação. As demais plaquetas deslocaram entre 7,7 mm e 9,5 mm.

Aos 38 dias de monitoramento a terceira linha de tirantes foi protendida, gerando pequenos deslocamentos negativos em relação a leitura anterior. O maior deslocamento foi de -4 mm, também na primeira plaqueta. A sétima plaqueta (profundidade 5,3 m, entre a segunda e terceira linhas de tirantes) deslocou -3 mm e, as demais, entorno de 1 mm ou 2 mm.

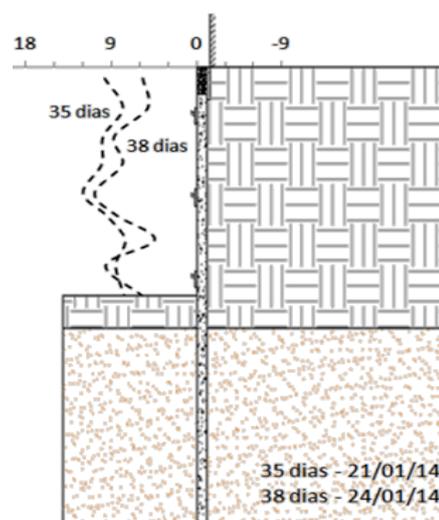
Com 45 dias de monitoramento, momento que o quarto nível de escavação foi executado, ocorreu o maior deslocamento positivo: 42 mm em relação a última leitura (0,50% da altura de escavação) nas duas primeiras plaquetas. As demais deslocaram em média 8,6 mm em relação a leitura anterior.

Figura 110 – In6*: 35 dias



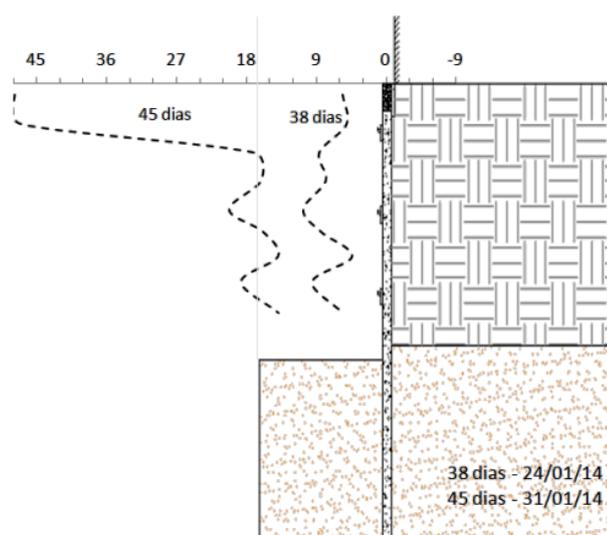
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 111 – In6*: 38 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 112 – In6*: 45 dias



(fonte: elaborado pela autora)

8.4.2 Monitoramento com inclinômetro

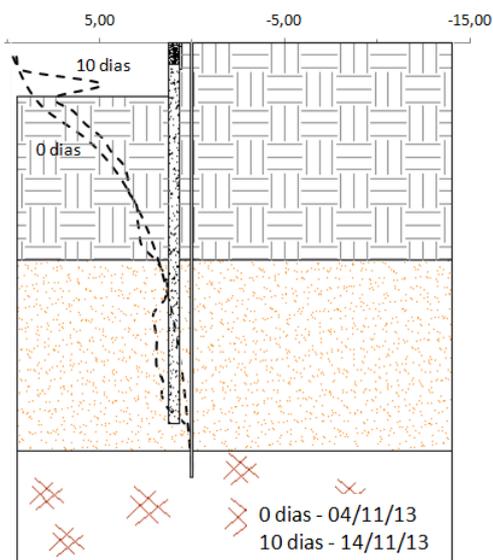
A tabela 15 apresenta os dados de In2 e as figuras 113 a 115 apresentam seus resultados. As seções permanecem sem escala no eixo horizontal. Observa-se que o tubo guia estava fixado 1 m em rocha, segundo os dados obtidos por sondagens realizadas próximas ao local. Foi considerado um deslocamento inicial do tubo guia de 10 mm. As medidas de deslocamentos nas figuras são apresentadas em milímetros.

Tabela 15 – Painel 6: dados do monitoramento com inclinômetros

Início (dd/mm/aaaa)	04/11/2013
Término (dd/mm/aaaa)	15/02/2014
Número total de leituras	6

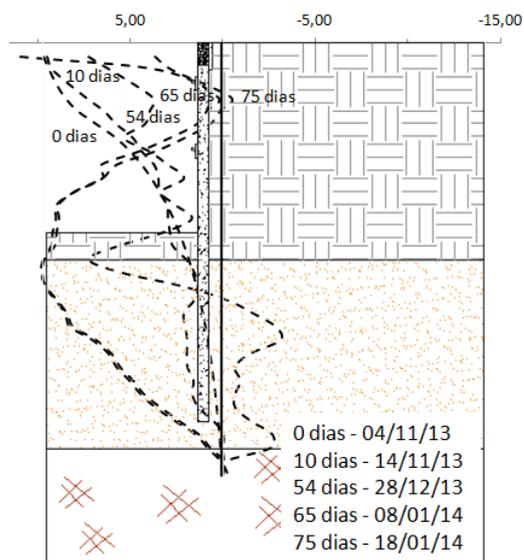
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 113 – In2: 10 dias



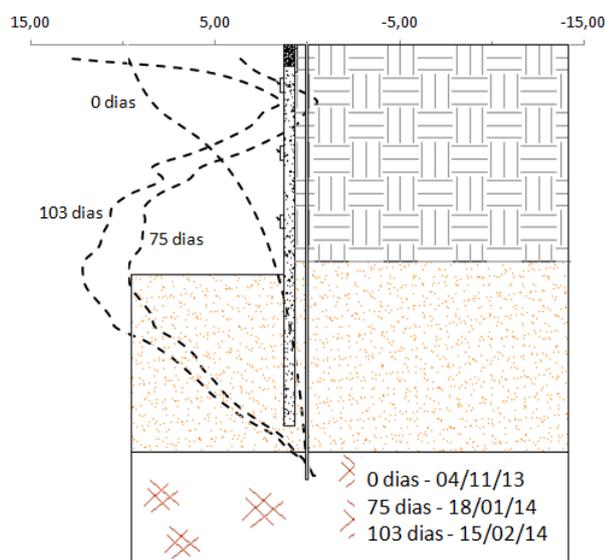
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 114 – In2: 75 dias



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 115 – In2: 103 dias



(fonte: elaborado pela autora)

O primeiro nível de escavação foi executado antes do primeiro dia de monitoramento. Aos 10 dias, não houveram alterações no painel 6. A diferença entre os deslocamentos das duas datas foi insignificante, figura 113: em média 0,71 mm. O maior deslocamento, -4,12 mm, ocorreu na profundidade de 1,5 m, no entanto este valor está 4,3 vezes o desvio padrão acima da

média dos resultados. Esta situação apresenta indícios de falha, é provável que houvesse algum defeito no tubo guia nesta profundidade. A segunda maior diferença de deslocamentos entre as duas leituras foi de 1,44 mm, também insignificante.

A partir dos 54 dias de monitoramento até a data final deste, o valor permaneceu incoerente aos 1,5 m de profundidade. Por este motivo, optou-se pela omissão deste deslocamento, as figuras 114 e 115 já apresentam o perfil corrigido. Aos 54 dias a segunda linha de tirantes havia sido protendida e o terceiro nível escavado. Foram observados deslocamentos negativos em relação a leitura zero até 3,0 m de profundidade – o maior sendo -4,75 mm aos 2 m de profundidade – e, em maior profundidade, uma tendência ao embarrigamento. Aos 65 e 75 dias de monitoramento os deslocamentos foram bastante semelhantes e o perfil do solo ficou bem definido: deslocamentos negativos em relação à leitura zero a até 4,0 m de profundidade (com maior deslocamento aos 2,0 m, entre a primeira e a segunda linha de tirantes) e a partir de 4,0 m formou-se um embarrigamento com maior deslocamento positivo em 8,5 m de profundidade, 1,5 m abaixo do nível de escavação. O maior deslocamento negativo foi de -9 mm em relação a leitura zero, 0,13% da altura escavada, e o maior deslocamento positivo de 8 mm em relação a leitura zero, 0,11% da altura escavada.

No último dia de monitoramento, em 103 dias após a leitura zero, ocorreu um deslocamento médio de 2 mm em relação a última leitura, o comportamento do perfil de solo permaneceu semelhante aos demais. A escavação já estava finalizada e a terceira linha de tirantes já havia sido protendida, contudo essas atividades foram executadas logo após a penúltima leitura, permitindo que desde então as partículas de solo se acomodassem e sofressem deslocamentos positivos. O maior deslocamento positivo ocorreu nesta leitura, 12 mm em relação ao eixo do tubo ou 0,14% da altura de escavação.

8.4.3 Monitoramento de recalques adjacentes à escavação

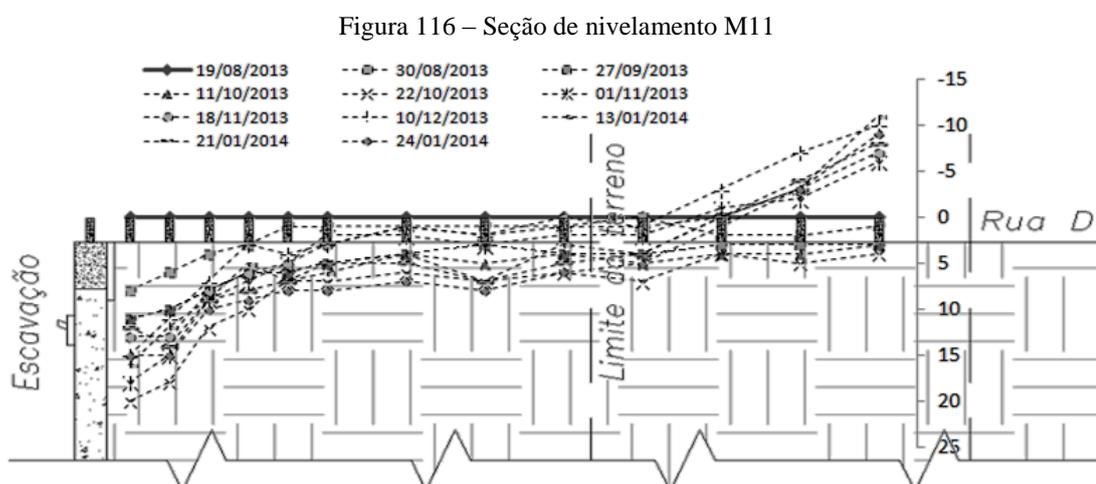
A tabela 16 apresenta os dados da seção de nivelamento do painel 6 (figura 116). O monitoramento iniciou com a execução das lamelas do painel e foi concluído quando a escavação estava totalmente finalizada. Entretanto é necessário frisar que as condições de campo da seção de M11 eram precárias, figura 117, mesmo protegida por um caixote de madeira, sofria com constantes cargas e descargas de materiais no solo adjacente. Para análise melhor detalhada, optou-se por separá-la em três trechos:

- a) M11-1 ao M11-6: trecho com tráfego de funcionários e equipamentos;
 b) M11-7 ao M11-9: trecho com depósito de sacos de cimento (e outros);
 c) M11-10 ao M11-13: trecho com tráfego de pedestres usuários da rua D.

Tabela 16 – Painel 6: dados do monitoramento de recalques adjacentes

Início (dd/mm/aaaa)	19/08/2013
Término (dd/mm/aaaa)	24/01/2014
Número total de leituras	11

(fonte: elaborado pela autora)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 117 – Condições da seção de nivelamento M11 em campo



(fonte: elaborado pela autora)

Os maiores recalques ocorreram no primeiro trecho e, os maiores soerguimentos, no último trecho. Este comportamento faz sentido: as maiores cargas estavam locadas nos trechos a e b e estes ao sofrer recalques poderiam causar soerguimento no trecho menos sobrecarregado. A primeira leitura, quando o painel ainda estava sendo executado, foi a que menos sofreu deslocamentos: o maior recalque foi de 8 mm em M11-1, reduzindo até 1 mm de recalque em M11-5. Até M11-13 os recalques variaram de 0 a 2 mm. Quando o painel estava concretado, mas a escavação não havia iniciado, os trechos a e b sofreram 3 mm de recalque em relação a última leitura, enquanto o trecho c sofreu apenas 1 mm. Quando o primeiro nível de escavação foi executado, a seção acusou mínimos deslocamentos em relação a última leitura: 2 mm em M11-8 e 1 mm no trecho c. Até 18/11/2013 não houveram novos deslocamentos, no entanto em 22/11/2013 ocorreram os maiores recalques nos trechos a, 20 mm em M11-1 (1% da altura escavada), e c, 5 mm em M11-12. No dia 01/11/2013 o trecho c começou a soerguer: variou de -5 mm em relação a leitura anterior (em M11-10) a -10 mm em M11-13, 0,5% da altura de escavação.

No dia 10/12/2013 a primeira linha de tirantes foi protendida, a primeira linha de estronca executada, o segundo nível escavado e a segunda linha de tirantes protendida. Foi quando ocorreu o maior soerguimento do trecho c, variando de -10 mm em relação a leitura zero (0,22% da altura escavada) em M11-13, até 1 mm em M11-10. O maior recalque lido nesta data foi de 15 mm em M11-1. No dia 13/01/2014 a segunda linha de estronca foi executada e o terceiro nível escavado, maior recalque da leitura ocorreu em M11-1, 16 mm, e maior soerguimento em M11-13, -11 mm (maior soerguimento pontual que ocorreu no monitoramento, 0,16% da altura escavada). Em 21/01/2014 as condições se mantiveram as mesmas e em 24/01/2014 a terceira linha de tirantes foi protendida e de estronca executada. Nesta data ocorreu o maior recalque no trecho b, 8 mm, ou 0,11% da altura de escavação, em M11-8. O recalque de M11-1 foi de 15 mm e o soerguimento de M11-13 de -9 mm.

8.4.4 Monitoramento das edificações adjacentes

Os dados de monitoramento da edificação D são apresentados na tabela 17. Não foram computados soerguimentos, a edificação sofreu apenas recalques em relação a leitura zero.

Tabela 17 – Painel 6: dados do monitoramento das edificações adjacentes

Início (dd/mm/aaaa)	27/09/2013
Término (dd/mm/aaaa)	08/07/2014
Número total de leituras	12
Leitura não executada em CR11 (dd/mm/aaaa)	08/07/2014
Leitura não executada em CR12 (dd/mm/aaaa)	31/01/2014

(fonte: elaborado pela autora)

O maior recalque em CR09 e CR10, em relação a leitura zero, ocorreu após 74 dias. Estes pontos também podiam ser influenciados pela execução do painel 8, o qual não foi monitorado. Esses deslocamentos foram de 5 mm e 7 mm respectivamente, com distorção angular de 1/3150. No painel 8, a primeira linha de estronca e tirantes já estavam executadas e no painel 7, o segundo nível estava escavado e estavam sendo inseridas as cordoalhas da segunda linha de tirantes. O maior deslocamento observado em CR09 em relação a leitura anterior foi de 3 mm, gerando uma distorção angular de 1/3150 entre CR09 e CR10, e ocorreu após 284 dias – período que houve um intervalo de 158 dias entre as leituras. Entretanto, para CR10 o maior deslocamento entre as leituras foi de 5 mm e ocorreu em dois momentos, após 14 dias, distorção angular de 1/1575, e após 119 dias de monitoramento, distorção angular de 1/1260 (ambas entre CR09 e CR10). Na primeira data ainda não haviam ocorrido escavações no seu entorno e, na segunda, a escavação estava concluída no painel 7 e no painel 8 havia o talude de acesso. As maiores distorções angulares das datas monitoradas eram verificadas entre CR09 e CR10, pois a distância entre eles era de apenas 6,30 m. Após 126 dias ela chegou a 1/1050 e a situação do canteiro era a mesma da leitura anterior.

O maior recalque monitorado ocorreu em CR11, em 119 dias: o ponto deslocou 13 mm em relação a leitura zero e 7 mm em relação a leitura anterior. A maior distorção angular verificada em CR11 ocorreu em relação ao ponto CR12 (localizado de frente para calçada da rua C): 1/1900. Para CR12 o maior deslocamento em relação a leitura zero foi de 10 mm em 284 dias de monitoramento, no entanto o intervalo entre a última leitura, 165 dias, foi maior que a dos demais pontos. Em relação a leitura anterior, o recalque mais significativo de CR12 ocorreu em 74 dias de monitoramento, no valor de 4 mm, gerando uma distorção angular de 1/3800 em relação a CR11.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento com instrumentação geotécnica exige cuidado e atenção para ser interpretado. No caso deste, foram entorno de 1700 dados brutos, os quais geraram mais dados e correlações entre diferentes datas, pontos, instrumentos e, no final, entre resultados da análise numérica e métodos empíricos e semi-empírico.

Segundo a experiência adquirida pela autora com este estudo, deve-se atentar alguns itens que, ao realizar a análise dos dados da instrumentação, se tornam imprescindíveis. Durante o projeto é válido que a construtora do empreendimento e a projetista do monitoramento entrem em um consenso na locação da instrumentação. Durante o andamento da obra deve haver uma conscientização do quão importante é a conservação dos instrumentos. Se o instrumento é comprometido – como no momento que é locado um depósito de materiais ao seu lado ou quando não foi instalado como especificado – são geradas dúvidas quanto a veracidade dos deslocamentos e é eminente o risco de se desprezar sinais consideráveis de movimentações. Outro aspecto que se deve atentar, é para o cronograma atualizado das atividades em campo. O ideal é que as leituras sejam realizadas no dia das principais atividades, neste caso eram os dias das escavações de nível e da protensão de tirantes. Quando o intervalo entre leituras é grande muitas atividades são executadas, não sendo possível perceber o que afetou o deslocamento ou se ocorreu algum deslocamento significativo nesse meio tempo. As vistorias semanais, documentadas por fotos, foram essenciais para o melhor entendimento das análises.

Quanto aos deslocamentos monitorados na parede diafragma ancorada com tirantes provisórios, eles responderam bem a atividade realizada. No primeiro nível de escavação, ocorreu um alívio de tensões no solo adjacente, deslocando a parede em direção a escavação. O maior deslocamento horizontal computado nesta etapa foi entorno de 16 mm no topo da estrutura, segundo a leitura dos marcos superficiais. Os deslocamentos segundo a pesquisa bibliográfica para esta etapa, variam de 10 mm a 20 mm. Os deslocamentos horizontais para as demais etapas são difíceis de relacionar com a pesquisa, já que o comportamento da estrutura deste monitoramento se diferencia do comportamento das estruturas dos autores pesquisados. Após protendida a primeira linha, a estrutura deslocava para o lado oposto, gerando deslocamentos negativos. O maior deslocamento superficial da parede nesta fase foi

de -10 mm. Nas demais atividades os deslocamentos se mantiveram negativos, salvo alguns casos, como o marco central do painel 4 que deslocou 1 mm em direção à escavação após o 4º nível escavado, contudo ele já mantinha um comportamento de deslocamentos negativos com menores magnitudes. Outro caso, foi o do marco, no painel 1, no entorno da edificação que sofreu patologias: após ocorrido o incidente (3º nível de escavação e perfuração da 3ª linha de tirantes) o marco deslocou 2,30 mm em direção à escavação. O maior deslocamento ocorrido no monitoramento do topo da estrutura de contenção foi de aproximadamente -80 mm, entretanto os deslocamentos em geral não ultrapassaram -30 mm. Foi observada uma tendência no monitoramento com marcos topográficos: o trecho central da estrutura tende se deslocar em direção a escavação com maior magnitude que os trechos de extremidade, os quais se deslocam com maior magnitude para o lado oposto da escavação.

Segundo o monitoramento com as plaquetas reflexivas, e alguns dados dos marcos topográficos, os painéis de menor comprimento com pouca distância, ou nenhuma distância, da edificação adjacente deslocaram somente em direção a escavação. O maior deslocamento observado no painel 5 foi de aproximadamente 20 mm, quando o painel estava a, pelo menos, 67 dias sem alterações construtivas. No entanto, na leitura das 2 primeiras plaquetas após a escavação do quarto nível, no painel 7, ocorreu um deslocamento de quase 50 mm, enquanto os demais deslocaram um pouco menos que 20 mm. Neste mesmo dia foi detectado um recalque de 7 mm no ponto da edificação próximo as plaquetas, foi calculada a maior distorção angular constatada no monitoramento: 1/1050. Não foi informado que esta edificação tenha sofrido alguma patologia. Segundo os dados da pesquisa bibliográfica deste trabalho, somente a partir de uma distorção angular de 1/500 que o prédio sofreria rachaduras em paredes e divisórias. Contudo a maior distorção angular verificada na edificação A, a qual sofreu patologias, foi de 1/1117, 8 dias após o ocorrido. O recalque da edificação está dentro do obtido pelos autores da pesquisa bibliográfica.

Os pontos de inclinômetro começaram a ser lidos com atraso em relação ao início da obra. Era sabido que existia algum deslocamento na leitura inicial, foi decidido, então, arbitrariamente em função do deslocamento verificado no topo da estrutura de contenção e reproduzir o comportamento da curva observada na análise numérica. Outro ponto constatado é que os dias de monitoramento de inclinometria não eram os mesmos das leituras topográficas, conseqüentemente não reproduzem no perfil de subsolo exatamente a situação que foi lida no topo da estrutura. Considerando essas diferenças, a relação entre os dois instrumentos são

coerentes. No entanto, no dia em que ocorreu a patologia na edificação A, o marco sofreu deslocamento positivo e o inclinômetro acusou deslocamentos negativos de grande magnitude no topo do tubo: o maior computado chegou a -80 mm, enquanto nos demais inclinômetros o maior deslocamento negativo foi entorno de -10 mm. Há a possibilidade de ao perfurar a última linha no painel 1 (lembrando que no painel 2 já havia o furo em espera e segundo o projeto eles deveriam possuir angulações diferentes), foi provocado um vazio na profundidade dos furos e um recalque nas camadas de solo superior a eles, este recalque provocou um embarrigamento positivo no perfil de solo, aos 8 m de profundidade, de aproximadamente 5 mm que foi o suficiente para deslocar positivamente a estrutura de contenção e desta profundidade até a superfície o perfil manteve o comportamento de uma reta, porém com maior magnitude. O que faz a autora acreditar que a causa da patologia foi um recalque nas fundações da edificação foi a disposição e angulação das fissuras nos cômodos dos apartamentos. Nos demais pontos de leitura, também foi observado um abaulamento próximo a altura de escavação, o deslocamento máximo do abaulamento foi de 10 mm em direção a escavação, valor semelhante ao encontrado pelo autor da pesquisa bibliográfica.

A análise numérica representou bem o comportamento da estrutura: foram realmente encontrados deslocamentos negativos no topo da parede diafragma, contradizendo as indicações da pesquisa bibliográfica. Este comportamento é justificado pela alta plasticidade da camada de solo aluvionar. No entanto, os máximos valores encontrados em campo, para estes deslocamentos, foram de menor magnitude (-30 mm) do que os deslocamentos da análise numérica (-55 mm), salvo exceções já descritas. A análise também previu o abaulamento da estrutura próximo ao nível de escavação, a magnitude do máximo abaulamento foi de aproximadamente 20 mm. Lembrando que na pesquisa bibliográfica é indicado como é realizada a medição do abaulamento.

Portanto, é determinante para o monitoramento a realização de uma pesquisa bibliográfica a respeito dos deslocamentos obtidos por outros autores e elaboração de uma simulação numérica. Entretanto, para uma análise numérica de qualidade, são necessários ensaios laboratoriais em amostras do solo do local. A ideia da magnitude que os deslocamentos máximos em campo podem atingir e o comportamento que a estrutura pode realizar, indicam o nível de alerta do projeto. No entanto, também se deve acompanhar, simultaneamente ao monitoramento, a movimentação da estrutura: ela tende a manter um padrão. Mudanças de padrão também podem indicar imprevistos ou patologias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 8044**: projeto geotécnico – procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

DUNNICLIFF, J. **Geotechnical instrumentation for monitoring field performance**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

GABA, A. R.; SIMPSON, B.; POWRIE, W.; BEADMAN, D.R. **Embedded retaining walls: guidance for economic design**. London: CIRIA, 2003. CIRIA C580.

GOOGLE EARTH, versão: 7.1.2.2041: software com informações geográficas. [S.l.]: Google Inc., 2003.

HONG KONG GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE. Civil Engineering Department. **Review of design methods for excavations**. Hong Kong, 1990. Publication n. 1/90.

HOPE, C.; CHUAQUI, M. Manual Total Station Monitoring. **Geotechnical Instrumentation News**, Bovey Tracey, p. 28-30, Sept. 2008. Disponível em: <http://www.geotechnicalnews.com/instrumentation_news.php>. Acesso em 12 ago. 2014.

MARZIONNA, J. D.; MAFFEI, C. E. M.; FERREIRA, A. A.; CAPUTO, A. N. Análise, projeto e execução de escavações e contenções. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA R. G. Q.; CARVALHO C. S.; NIYAMA S. (Ed.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 537-578.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

PINTO, C. de S. **Curso básico de mecânica dos solos: em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RANZINI, S. M. T.; NEGRO, A. Obras de contenção: tipos, métodos construtivos, dificuldades executivas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA R. G. Q.; CARVALHO C. S.; NIYAMA S. (Ed.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 497-515.

REFFATTI, M. E. **Análise numérica de uma escavação de grande porte em Porto Alegre/RS**: caso de obra. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SAES, J. L.; STUCCHI, F. R.; MILITITSKY, J. Concepção de obras de contenção. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA R. G. Q.; CARVALHO C. S.; NIYAMA S. (Ed.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 517-536.

SLOPE INDICATOR. **Guide to Geotechnical Instrumentation**. Mukilteo: Durham Geo Slope Indicator, 2004.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. **Soil mechanics in engineering practice**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1967.

TOPCON. **AT-G Series auto levels**. Livermore: Topcon Corporation, 2007.

YASSUDA, C. T.; DIAS, P. H. V. Tirantes. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA R. G. Q.; CARVALHO C. S.; NIYAMA S. (Ed.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 603-640.

**APÊNDICE A – Dados do monitoramento de marcos topográficos e de
plaquetas reflexivas fixadas na estrutura de contenção**

A.1 EQUAÇÕES

Equações utilizadas para cálculo dos deslocamentos ortogonais à estrutura de contenção:

$$\Delta E = E - E_0 \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

ΔE = deslocamento no marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva, ao longo do eixo E ;

E = coordenada do marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva, em E na data analisada;

E_0 = coordenada do marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva, em E na leitura zero.

$$\Delta N = N - N_0 \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

ΔN = deslocamento no marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva, ao longo do eixo N ;

N = coordenada do marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva, em N na data analisada;

N_0 = coordenada do marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva, em N na leitura zero.

$$R = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} \quad (\text{equação 3})$$

Onde:

R = resultante dos deslocamentos no marco topográfico, ou da plaqueta reflexiva.

$$\alpha_R = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{\Delta N}{\Delta E}\right) \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

α_R = ângulo entre R e o eixo E .

$$\theta = \alpha_R - \alpha_P \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

θ = ângulo entre R e o painel da parede diafragma;

α_P = ângulo entre o painel da parede diafragma e o eixo E .

$$\delta_H = \sqrt{(R(\operatorname{sen}\theta)*1000)^2} \quad (\text{equação 6})$$

Onde:

δ_H = componente ortogonal do deslocamento do marco, ou da plaqueta, em relação ao painel.

A.2 DESLOCAMENTOS MARCOS TOPOGRÁFICOS

Deslocamento M1							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R (°)	α_P (°)	θ (°)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,34	-83,34	0,00
11/out	0,000	0,000	0,000	0,00	83,34	-83,34	0,00
22/out	-0,001	0,000	0,001	0,00	83,34	-83,34	-0,99
01/nov	-0,012	0,003	0,012	-14,04	83,34	-97,38	-12,27
18/nov	-0,024	0,006	0,025	-14,04	83,34	-97,38	-24,53
10/dez	-0,011	0,004	0,012	-19,98	83,34	-103,32	-11,39
13/jan	-0,024	-0,003	0,024	7,13	83,34	-76,21	-23,49
21/jan	0,001	-0,011	0,011	-84,81	83,34	-168,15	2,27
24/jan	-0,009	-0,003	0,009	18,43	83,34	-64,91	-8,59
31/jan	-0,021	-0,005	0,022	13,39	83,34	-69,95	-20,28
08/jul	-0,005	-0,010	0,011	63,43	83,34	-19,91	-3,81

Deslocamento M2							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R (°)	α_P (°)	θ (°)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,34	-83,34	0,00
11/out	0,006	0,001	0,006	9,46	83,34	-73,88	5,84
22/out	0,003	0,001	0,003	18,43	83,34	-64,91	2,86
01/nov	-0,008	0,003	0,009	-20,56	83,34	-103,90	-8,29
18/nov	-0,019	0,007	0,020	-20,22	83,34	-103,56	-19,68
10/dez	-0,019	0,008	0,021	-22,83	83,34	-106,17	-19,80
13/jan	-0,020	0,003	0,020	-8,53	83,34	-91,87	-20,21
21/jan	0,000	-0,003	0,003	90,00	83,34	6,66	-0,35
24/jan	-0,013	0,004	0,014	-17,10	83,34	-100,44	-13,38
31/jan	-0,016	0,001	0,016	-3,58	83,34	-86,92	-16,01
08/jul	0,001	0,002	0,002	63,43	83,34	-19,91	0,76

Deslocamento M3							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R (°)	α_P (°)	θ (°)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,34	-83,34	0,00
11/out	0,011	0,001	0,011	5,19	83,34	-78,15	10,81
22/out	0,007	0,001	0,007	8,13	83,34	-75,21	6,84
01/nov	-0,004	0,002	0,004	-26,57	83,34	-109,91	-4,20
18/nov	-0,015	0,005	0,016	-18,43	83,34	-101,77	-15,48
10/dez	-0,019	0,006	0,020	-17,53	83,34	-100,87	-19,57
13/jan	-0,014	0,000	0,014	0,00	83,34	-83,34	-13,91
21/jan	0,000	-0,004	0,004	90,00	83,34	6,66	-0,46
24/jan	-0,015	0,004	0,016	-14,93	83,34	-98,27	-15,36
31/jan	-0,016	0,001	0,016	-3,58	83,34	-86,92	-16,01
08/jul	0,004	0,002	0,004	26,57	83,34	-56,77	3,74

Deslocamento M4							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R (°)	α_P (°)	θ (°)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
11/out	0,011	-0,004	0,012	-19,98	83,33	-103,31	11,39
22/out	0,008	-0,003	0,009	-20,56	83,33	-103,89	8,29
01/nov	-0,011	-0,001	0,011	5,19	83,33	-78,14	-10,81
18/nov	-0,017	0,002	0,017	-6,71	83,33	-90,04	-17,12
10/dez	-0,031	0,005	0,031	-9,16	83,33	-92,49	-31,37
13/jan	-0,021	-0,001	0,021	2,73	83,33	-80,60	-20,74
21/jan	-0,013	-0,006	0,014	24,78	83,33	-58,55	-12,22
24/jan	-0,037	0,005	0,037	-7,70	83,33	-91,03	-37,33
31/jan	-0,026	0,000	0,026	0,00	83,33	-83,33	-25,82
08/jul	-0,008	-0,001	0,008	7,13	83,33	-76,20	-7,83

Deslocamento M5							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
11/out	0,006	-0,003	0,007	-26,57	83,33	-109,90	6,31
22/out	0,005	-0,003	0,006	-30,96	83,33	-114,29	5,31
01/nov	0,003	-0,003	0,004	-45,00	83,33	-128,33	3,33
18/nov	-0,001	0,000	0,001	0,00	83,33	-83,33	-0,99
10/dez	-0,041	0,005	0,041	-6,95	83,33	-90,28	-41,30
13/jan	-0,031	-0,001	0,031	1,85	83,33	-81,48	-30,67
21/jan	-0,027	-0,004	0,027	8,43	83,33	-74,90	-26,35
24/jan	-0,052	0,007	0,052	-7,67	83,33	-91,00	-52,46
31/jan	-0,039	0,001	0,039	-1,47	83,33	-84,80	-38,85
08/jul	-0,017	0,000	0,017	0,00	83,33	-83,33	-16,88

Deslocamento M7							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
11/out	-	-	-	-	-	-	-
22/out	-	-	-	-	-	-	-
01/nov	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
18/nov	-0,003	-0,003	0,004	45,00	175,69	-130,69	3,22

Deslocamento M8							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
11/out	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
22/out	-0,002	0,003	0,004	-56,31	175,69	-232,00	-2,84
01/nov	-0,005	-0,001	0,005	11,31	175,69	-164,38	1,37
18/nov	-0,005	-0,002	0,005	21,80	175,69	-153,89	2,37

Deslocamento M10							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
11/out	0,009	-0,002	0,009	-12,53	83,33	-95,86	-9,17
22/out	0,006	-0,002	0,006	-18,43	83,33	-101,76	-6,19
01/nov	0,003	-0,004	0,005	-53,13	83,33	-136,46	-3,44
18/nov	0,005	-0,001	0,005	-11,31	83,33	-94,64	-5,08
10/dez	0,005	-0,001	0,005	-11,31	83,33	-94,64	-5,08
13/jan	0,018	-0,015	0,023	-39,81	83,33	-123,14	-19,62
21/jan	0,016	-0,014	0,021	-41,19	83,33	-124,52	-17,52
24/jan	0,045	-0,045	0,064	-45,00	83,33	-128,33	-49,92
31/jan	0,074	-0,064	0,098	-40,86	83,33	-124,19	-80,93

Deslocamento M11							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
11/out	-0,009	0,000	0,009	0,00	83,33	-83,33	8,94
22/out	-0,012	0,001	0,012	-4,76	83,33	-88,09	12,03
01/nov	-0,016	-0,001	0,016	3,58	83,33	-79,75	15,78
18/nov	-0,008	0,000	0,008	0,00	83,33	-83,33	7,95
10/dez	0,006	-0,012	0,013	-63,43	83,33	-146,76	-7,35
13/jan	0,004	-0,014	0,015	-74,05	83,33	-157,38	-5,60
21/jan	0,001	-0,011	0,011	-84,81	83,33	-168,14	-2,27
24/jan	0,043	-0,047	0,064	-47,54	83,33	-130,87	-48,17
31/jan	0,073	-0,062	0,096	-40,34	83,33	-123,67	-79,71

Deslocamento M12							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	-	-	-	-	-	-	-
11/out	-	-	-	-	-	-	-
22/out	-	-	-	-	-	-	-
01/nov	-	-	-	-	-	-	-
18/nov	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
10/dez	-0,004	0,001	0,004	-14,04	83,33	-97,37	4,09
13/jan	0,001	-0,005	0,005	-78,69	83,33	-162,02	-1,57
21/jan	-0,001	0,000	0,001	0,00	83,33	-83,33	0,99
24/jan	-0,010	0,007	0,012	-34,99	83,33	-118,32	10,75
31/jan	-0,010	0,014	0,017	-54,46	83,33	-137,79	11,56

Deslocamento M13							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
11/out	0,011	-0,004	0,012	-19,98	83,33	-103,31	-11,39
22/out	0,008	-0,002	0,008	-14,04	83,33	-97,37	-8,18
01/nov	0,008	-0,005	0,009	-32,01	83,33	-115,34	-8,53
18/nov	0,017	-0,012	0,021	-35,22	83,33	-118,55	-18,28
10/dez	0,016	-0,013	0,021	-39,09	83,33	-122,42	-17,40
13/jan	0,018	-0,018	0,025	-45,00	83,33	-128,33	-19,97
21/jan	0,017	-0,016	0,023	-43,26	83,33	-126,59	-18,74
24/jan	0,006	-0,008	0,010	-53,13	83,33	-136,46	-6,89
31/jan	0,045	-0,065	0,079	-55,30	83,33	-138,63	-52,25

Deslocamento M14							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
11/out	-0,006	0,008	0,010	-53,13	83,33	-136,46	6,89
22/out	-0,004	0,005	0,006	-51,34	83,33	-134,67	4,55
01/nov	-0,005	0,004	0,006	-38,66	83,33	-121,99	5,43
18/nov	-0,001	0,004	0,004	-75,96	83,33	-159,29	1,46

Deslocamento M15							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	177,3	-177,30	0,00
11/out	-0,002	0,005	0,005	-68,20	177,3	-245,50	4,90
22/out	-0,001	0,003	0,003	-71,57	177,3	-248,87	2,95
01/nov	-0,003	0,000	0,003	0,00	177,3	-177,30	-0,14
18/nov	-0,003	0,005	0,006	-59,04	177,3	-236,34	4,85
10/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	-0,003	-0,001	0,003	18,43	177,3	-158,87	-1,14
21/jan	-0,004	0,002	0,004	-26,57	177,3	-203,87	1,81
24/jan	-0,008	0,005	0,009	-32,01	177,3	-209,31	4,62
31/jan	-0,005	0,004	0,006	-38,66	177,3	-215,96	3,76
08/jul	-	-	-	-	-	-	-

Deslocamento M16							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	177,3	-177,30	0,00
11/out	0,000	0,004	0,004	0,00	177,3	-177,30	0,19
22/out	0,000	0,003	0,003	0,00	177,3	-177,30	0,14
01/nov	-0,001	0,002	0,002	-63,43	177,3	-240,73	1,95
18/nov	-0,003	0,004	0,005	-53,13	177,3	-230,43	3,85
10/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	-0,002	0,004	0,004	-63,43	177,3	-240,73	3,90
21/jan	-0,002	0,006	0,006	-71,57	177,3	-248,87	5,90
24/jan	-	-	-	-	-	-	-
31/jan	-	-	-	-	-	-	-
08/jul	-	-	-	-	-	-	-

Deslocamento M17							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	177,3	-177,30	0,00
11/out	-0,002	0,000	0,002	0,00	177,3	-177,30	-0,09
22/out	-0,001	0,002	0,002	-63,43	177,3	-240,73	1,95
01/nov	-0,002	0,000	0,002	0,00	177,3	-177,30	-0,09
18/nov	0,000	0,004	0,004	90,00	177,3	-87,30	4,00
10/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	0,000	0,010	0,010	90,00	177,3	-87,30	9,99
21/jan	-0,001	0,013	0,013	-85,60	177,3	-262,90	12,94
24/jan	-0,006	0,011	0,013	-61,39	177,3	-238,69	10,71
31/jan	-0,003	0,013	0,013	-77,01	177,3	-254,31	12,84
08/jul	0,001	0,014	0,014	85,91	177,3	-91,39	14,03

Deslocamento M19							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	177,3	-177,30	0,00
11/out	-0,003	-0,006	0,007	63,43	177,3	-113,87	-6,13
22/out	-0,002	-0,003	0,004	56,31	177,3	-120,99	-3,09
01/nov	-0,004	-0,006	0,007	56,31	177,3	-120,99	-6,18
18/nov	-0,005	-0,003	0,006	30,96	177,3	-146,34	-3,23
10/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	-0,003	-0,004	0,005	53,13	177,3	-124,17	-4,14
21/jan	-0,004	-0,004	0,006	45,00	177,3	-132,30	-4,18
24/jan	-0,009	-0,010	0,013	48,01	177,3	-129,29	-10,41
31/jan	-0,006	-0,005	0,008	39,81	177,3	-137,49	-5,28
08/jul	-	-	-	-	-	-	-

Deslocamento M20							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	87,3	-87,30	0,00
11/out	-0,011	-0,005	0,012	24,44	87,3	-62,86	-10,75
22/out	-0,012	-0,003	0,012	14,04	87,3	-73,26	-11,85
01/nov	-0,012	-0,008	0,014	33,69	87,3	-53,61	-11,61
18/nov	-0,014	-0,003	0,014	12,09	87,3	-75,21	-13,84
10/dez	-0,018	-0,009	0,020	26,57	87,3	-60,73	-17,56
13/jan	-0,014	-0,007	0,016	26,57	87,3	-60,73	-13,65
21/jan	-0,013	-0,008	0,015	31,61	87,3	-55,69	-12,61
24/jan	-0,019	-0,013	0,023	34,38	87,3	-52,92	-18,37
31/jan	-0,015	-0,007	0,017	25,02	87,3	-62,28	-14,65
08/jul	-	-	-	-	-	-	-

Deslocamento M21							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	87,3	-87,30	0,00
11/out	-0,010	-0,007	0,012	34,99	87,3	-52,31	-9,66
22/out	-0,008	-0,005	0,009	32,01	87,3	-55,29	-7,76
01/nov	-0,011	-0,007	0,013	32,47	87,3	-54,83	-10,66
18/nov	-0,011	-0,003	0,011	15,26	87,3	-72,04	-10,85
10/dez	-0,015	-0,008	0,017	28,07	87,3	-59,23	-14,61
13/jan	-0,009	-0,007	0,011	37,87	87,3	-49,43	-8,66
21/jan	-0,009	-0,006	0,011	33,69	87,3	-53,61	-8,71
24/jan	-0,017	-0,012	0,021	35,22	87,3	-52,08	-16,42
31/jan	-0,010	-0,005	0,011	26,57	87,3	-60,73	-9,75
08/jul	-0,011	-0,014	0,018	51,84	87,3	-35,46	-10,33

Deslocamento M22							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	176,29	-176,29	0,00
11/out	-0,009	-0,007	0,011	37,87	176,29	-138,42	7,57
22/out	-0,007	-0,004	0,008	29,74	176,29	-146,55	4,44
01/nov	-0,008	-0,007	0,011	41,19	176,29	-135,10	7,50
18/nov	-0,008	-0,004	0,009	26,57	176,29	-149,72	4,51
10/dez	-0,012	-0,010	0,016	39,81	176,29	-136,48	10,76
13/jan	-0,005	0,002	0,005	-21,80	176,29	-198,09	-1,67
21/jan	-0,005	0,004	0,006	-38,66	176,29	-214,95	-3,67
24/jan	-0,017	-0,001	0,017	3,37	176,29	-172,92	2,10
31/jan	-0,008	0,006	0,010	-36,87	176,29	-213,16	-5,47
08/jul	-0,004	-0,001	0,004	14,04	176,29	-162,25	1,26

Deslocamento M23							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	0,000	0,000	0,000	0,00	176,29	-176,29	0,00
11/out	-0,010	-0,002	0,010	11,31	176,29	-164,98	2,64
22/out	-0,008	-0,001	0,008	7,13	176,29	-169,16	1,52
01/nov	-0,009	-0,004	0,010	23,96	176,29	-152,33	4,57
18/nov	-0,009	-0,002	0,009	12,53	176,29	-163,76	2,58
10/dez	-0,012	-0,007	0,014	30,26	176,29	-146,03	7,76
13/jan	-0,005	0,011	0,012	-65,56	176,29	-241,85	-10,65
21/jan	-0,004	0,013	0,014	-72,90	176,29	-249,19	-12,71
24/jan	-0,016	0,010	0,019	-32,01	176,29	-208,30	-8,94
31/jan	-0,008	0,014	0,016	-60,26	176,29	-236,55	-13,45
08/jul	-0,007	0,007	0,010	-45,00	176,29	-221,29	-6,53

Deslocamento M24							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
27/set	-	-	-	-	-	-	-
11/out	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
22/out	-0,001	-0,001	0,001	45,00	83,33	-38,33	-0,88
01/nov	0,000	-0,002	0,002	90,00	83,33	6,67	-0,23
18/nov	-0,001	0,001	0,001	-45,00	83,33	-128,33	-1,11
10/dez	-0,044	0,008	0,045	-10,30	83,33	-93,63	-44,63
13/jan	-0,033	0,000	0,033	0,00	83,33	-83,33	-32,78
21/jan	-0,030	-0,003	0,030	5,71	83,33	-77,62	-29,45
24/jan	-0,056	0,008	0,057	-8,13	83,33	-91,46	-56,55
31/jan	-0,040	0,001	0,040	-1,43	83,33	-84,76	-39,85
08/jul	-0,018	0,000	0,018	0,00	83,33	-83,33	-17,88

Deslocamento M25							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
11/out	-	-	-	-	-	-	-
22/out	-	-	-	-	-	-	-
01/nov	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
18/nov	-0,003	-0,003	0,004	45,00	175,69	-130,69	3,22

A.3 DESLOCAMENTOS PLAQUETAS REFLEXIVAS

Deslocamento In5-1							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
18/nov	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
10/dez	-0,003	0,000	0,003	0,00	83,33	-83,33	2,98
13/jan	-0,011	0,003	0,011	-15,26	83,33	-98,59	11,27
21/jan	-0,012	0,009	0,015	-36,87	83,33	-120,20	12,96
24/jan	-0,019	0,011	0,022	-30,07	83,33	-113,40	20,15
31/jan	-0,015	0,009	0,017	-30,96	83,33	-114,29	15,94

Deslocamento In5-2							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
18/nov	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
10/dez	-0,004	-0,001	0,004	14,04	83,33	-69,29	3,86
13/jan	-0,011	0,001	0,011	-5,19	83,33	-88,52	11,04
21/jan	-0,012	0,008	0,014	-33,69	83,33	-117,02	12,85
24/jan	-0,019	0,010	0,021	-27,76	83,33	-111,09	20,03
31/jan	-0,014	0,008	0,016	-29,74	83,33	-113,07	14,83

Deslocamento In5-3							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
18/nov	-	-	-	-	-	-	-
10/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
13/jan	-0,009	0,004	0,010	-23,96	83,33	-107,29	9,40
21/jan	-0,011	0,011	0,016	-45,00	83,33	-128,33	12,20
24/jan	-0,017	0,013	0,021	-37,41	83,33	-120,74	18,39
31/jan	-0,013	0,011	0,017	-40,24	83,33	-123,57	14,19

Deslocamento In5-4							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
18/nov	-	-	-	-	-	-	-
10/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
13/jan	-0,010	0,004	0,011	-21,80	83,33	-105,13	10,40
21/jan	-0,012	0,010	0,016	-39,81	83,33	-123,14	13,08
24/jan	-0,018	0,012	0,022	-33,69	83,33	-117,02	19,27
31/jan	-0,013	0,010	0,016	-37,57	83,33	-120,90	14,07

Deslocamento In5-5							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
18/nov	-	-	-	-	-	-	-
10/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
13/jan	-0,011	0,003	0,011	-15,26	83,33	-98,59	11,27
21/jan	-0,012	0,011	0,016	-42,51	83,33	-125,84	13,20
24/jan	-0,018	0,014	0,023	-37,87	83,33	-121,20	19,50
31/jan	-0,014	0,011	0,018	-38,16	83,33	-121,49	15,18

Deslocamento In5-6							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
18/nov	-	-	-	-	-	-	-
10/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	0,000	0,000	0,000	0,00	83,33	-83,33	0,00
21/jan	0,000	0,008	0,008	90,00	83,33	6,67	-0,93
24/jan	-0,007	0,009	0,011	-52,13	83,33	-135,46	8,00
31/jan	-0,003	0,008	0,009	-69,44	83,33	-152,77	3,91

Deslocamento In6-1							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
13/jan	0,000	-0,002	0,002	0,00	175,69	-175,69	0,15
21/jan	-0,009	-0,010	0,013	48,01	175,69	-127,68	10,65
24/jan	-0,022	-0,005	0,023	12,80	175,69	-162,89	6,64
31/jan	0,106	-0,057	0,120	-28,27	175,69	-203,96	48,87

Deslocamento In6-2							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
13/jan	0,000	-0,002	0,002	0,00	175,69	-175,69	0,15
21/jan	-0,010	-0,008	0,013	38,66	175,69	-137,03	8,73
24/jan	-0,015	-0,005	0,016	18,43	175,69	-157,26	6,11
31/jan	0,104	-0,056	0,118	-28,30	175,69	-203,99	48,03

Deslocamento In6-3							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
13/jan	-0,001	-0,003	0,003	71,57	175,69	-104,12	3,07
21/jan	-0,011	-0,010	0,015	42,27	175,69	-133,42	10,80
24/jan	-0,022	-0,008	0,023	19,98	175,69	-155,71	9,63
31/jan	0,013	-0,019	0,023	-55,62	175,69	-231,31	17,97

Deslocamento In6-4							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
13/jan	-0,003	-0,003	0,004	45,00	175,69	-130,69	3,22
21/jan	-0,013	-0,010	0,016	37,57	175,69	-138,12	10,95
24/jan	-0,024	-0,007	0,025	16,26	175,69	-159,43	8,78
31/jan	0,012	-0,018	0,022	-56,31	175,69	-232,00	17,05

Deslocamento In6-5							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
13/jan	-0,004	-0,005	0,006	51,34	175,69	-124,35	5,29
21/jan	-0,013	-0,012	0,018	42,71	175,69	-132,98	12,94
24/jan	-0,023	-0,010	0,025	23,50	175,69	-152,19	11,70
31/jan	0,010	-0,022	0,024	-65,56	175,69	-241,25	21,19

Deslocamento In6-6							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
21/jan	-0,020	-0,009	0,022	24,23	175,69	-151,46	10,48
24/jan	-0,032	-0,007	0,033	12,34	175,69	-163,35	9,39
31/jan	0,002	-0,017	0,017	-83,29	175,69	-258,98	16,80

Deslocamento In6-7							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
21/jan	-0,020	-0,007	0,021	19,29	175,69	-156,40	8,48
24/jan	-0,032	-0,003	0,032	5,36	175,69	-170,33	5,40
31/jan	0,001	-0,015	0,015	-86,19	175,69	-261,88	14,88

Deslocamento In6-8							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
21/jan	-0,020	-0,008	0,022	21,80	175,69	-153,89	9,48
24/jan	-0,034	-0,008	0,035	13,24	175,69	-162,45	10,53
31/jan	0,004	-0,020	0,020	-78,69	175,69	-254,38	19,64

Deslocamento In6-9							
Data	δE (m)	δN (m)	R (m)	α_R ($^\circ$)	α_P ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	δ_H (mm)
17/dez	-	-	-	-	-	-	-
13/jan	0,000	0,000	0,000	0,00	175,69	-175,69	0,00
21/jan	-0,021	-0,007	0,022	18,43	175,69	-157,26	8,56
24/jan	-0,035	-0,004	0,035	6,52	175,69	-169,17	6,62
31/jan	0,002	-0,015	0,015	-82,41	175,69	-258,10	14,81

APÊNDICE B – Dados do monitoramento com inclinômetro

B.1 DESLOCAMENTOS In1

DATA: 05/11/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,00	-0,5	0,00
-1,0	0,00	-1,0	0,00
-1,5	0,00	-1,5	0,00
-2,0	0,00	-2,0	0,00
-2,5	0,00	-2,5	0,00
-3,0	0,00	-3,0	0,00
-3,5	0,00	-3,5	0,00
-4,0	0,00	-4,0	0,00
-4,5	0,00	-4,5	0,00
-5,0	0,00	-5,0	0,00
-5,5	0,00	-5,5	0,00
-6,0	0,00	-6,0	0,00
-6,5	0,00	-6,5	0,00
-7,0	0,00	-7,0	0,00
-7,5	0,00	-7,5	0,00
-8,0	0,00	-8,0	0,00
-8,5	0,00	-8,5	0,00
-9,0	0,00	-9,0	0,00
-9,5	0,00	-9,5	0,00
-10,0	0,00	-10,0	0,00
-10,5	0,00	-10,5	0,00
-11,0	0,00	-11,0	0,00
-11,5	0,00	-11,5	0,00
-12,0	0,00	-12,0	0,00
-12,5	0,00	-12,5	0,00
-13,0	0,00	-13,0	0,00
-13,5	0,00	-13,5	0,00
-14,0	0,00	-14,0	0,00
-14,5	0,00	-14,5	0,00

DATA: 14/11/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,03	-0,5	5,07
-1,0	0,02	-1,0	5,04
-1,5	0,19	-1,5	5,02
-2,0	0,36	-2,0	4,83
-2,5	-0,01	-2,5	4,47
-3,0	0,23	-3,0	4,48
-3,5	0,17	-3,5	4,25
-4,0	0,11	-4,0	4,08
-4,5	0,16	-4,5	3,97
-5,0	0,20	-5,0	3,81
-5,5	0,38	-5,5	3,61
-6,0	0,10	-6,0	3,23
-6,5	0,15	-6,5	3,13
-7,0	0,06	-7,0	2,98
-7,5	-0,21	-7,5	2,92
-8,0	0,28	-8,0	3,13
-8,5	-0,17	-8,5	2,85
-9,0	0,35	-9,0	3,02
-9,5	-0,05	-9,5	2,67
-10,0	-0,08	-10,0	2,72
-10,5	-0,14	-10,5	2,80
-11,0	0,71	-11,0	2,94
-11,5	-0,13	-11,5	2,23
-12,0	0,03	-12,0	2,36
-12,5	0,19	-12,5	2,33
-13,0	0,39	-13,0	2,14
-13,5	0,28	-13,5	1,75
-14,0	0,53	-14,0	1,47
-14,5	0,94	-14,5	0,94

DATA: 28/12/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,26	-0,5	1,73
-1,0	-0,39	-1,0	1,99
-1,5	-0,61	-1,5	2,38
-2,0	-0,51	-2,0	2,99
-2,5	-0,20	-2,5	3,50
-3,0	-0,91	-3,0	3,70
-3,5	-0,40	-3,5	4,61
-4,0	-0,45	-4,0	5,01
-4,5	-0,21	-4,5	5,46
-5,0	0,08	-5,0	5,67
-5,5	0,12	-5,5	5,59
-6,0	-0,09	-6,0	5,47
-6,5	0,31	-6,5	5,56
-7,0	0,26	-7,0	5,25
-7,5	0,39	-7,5	4,99
-8,0	0,80	-8,0	4,60
-8,5	0,85	-8,5	3,80
-9,0	-0,11	-9,0	2,95
-9,5	0,07	-9,5	3,06
-10,0	-0,08	-10,0	2,99
-10,5	0,44	-10,5	3,07
-11,0	1,30	-11,0	2,63
-11,5	1,08	-11,5	1,33
-12,0	-0,42	-12,0	0,25
-12,5	0,02	-12,5	0,67
-13,0	0,21	-13,0	0,65
-13,5	0,35	-13,5	0,44
-14,0	0,08	-14,0	0,09
-14,5	0,01	-14,5	0,01

DATA: 07/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,31	-0,5	1,20
-1,0	-0,36	-1,0	1,51
-1,5	-0,68	-1,5	1,87
-2,0	-0,48	-2,0	2,55
-2,5	-0,17	-2,5	3,03
-3,0	-0,94	-3,0	3,20
-3,5	-0,40	-3,5	4,14
-4,0	-0,50	-4,0	4,54
-4,5	-0,33	-4,5	5,04
-5,0	0,07	-5,0	5,37
-5,5	-0,03	-5,5	5,30
-6,0	-0,22	-6,0	5,33
-6,5	0,31	-6,5	5,55
-7,0	0,14	-7,0	5,24
-7,5	0,31	-7,5	5,10
-8,0	0,87	-8,0	4,79
-8,5	0,89	-8,5	3,92
-9,0	-0,14	-9,0	3,03
-9,5	0,05	-9,5	3,17
-10,0	-0,13	-10,0	3,12
-10,5	0,50	-10,5	3,25
-11,0	1,31	-11,0	2,75
-11,5	1,25	-11,5	1,44
-12,0	-0,55	-12,0	0,19
-12,5	-0,04	-12,5	0,74
-13,0	0,22	-13,0	0,78
-13,5	0,35	-13,5	0,56
-14,0	0,18	-14,0	0,21
-14,5	0,03	-14,5	0,03

DATA: 08/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,10	-0,5	1,64
-1,0	-0,38	-1,0	1,74
-1,5	-0,52	-1,5	2,12
-2,0	-0,52	-2,0	2,64
-2,5	-0,02	-2,5	3,16
-3,0	-0,97	-3,0	3,18
-3,5	-0,42	-3,5	4,15
-4,0	-0,49	-4,0	4,57
-4,5	-0,32	-4,5	5,06
-5,0	0,13	-5,0	5,38
-5,5	0,04	-5,5	5,25
-6,0	-0,19	-6,0	5,21
-6,5	0,23	-6,5	5,40
-7,0	0,18	-7,0	5,17
-7,5	0,39	-7,5	4,99
-8,0	0,87	-8,0	4,60
-8,5	0,89	-8,5	3,73
-9,0	-0,19	-9,0	2,84
-9,5	-0,03	-9,5	3,03
-10,0	-0,15	-10,0	3,06
-10,5	0,49	-10,5	3,21
-11,0	1,32	-11,0	2,72
-11,5	1,32	-11,5	1,40
-12,0	-0,62	-12,0	0,08
-12,5	-0,05	-12,5	0,70
-13,0	0,23	-13,0	0,75
-13,5	0,29	-13,5	0,52
-14,0	0,13	-14,0	0,23
-14,5	0,10	-14,5	0,10

DATA: 18/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,55	-0,5	1,75
-1,0	-0,64	-1,0	2,30
-1,5	-0,89	-1,5	2,94
-2,0	-0,90	-2,0	3,83
-2,5	-0,50	-2,5	4,73
-3,0	-1,18	-3,0	5,23
-3,5	-0,67	-3,5	6,41
-4,0	-0,59	-4,0	7,08
-4,5	-0,43	-4,5	7,67
-5,0	-0,01	-5,0	8,10
-5,5	0,02	-5,5	8,11
-6,0	-0,21	-6,0	8,09
-6,5	0,29	-6,5	8,30
-7,0	0,30	-7,0	8,01
-7,5	0,38	-7,5	7,71
-8,0	1,00	-8,0	7,33
-8,5	1,03	-8,5	6,33
-9,0	0,05	-9,0	5,30
-9,5	0,23	-9,5	5,25
-10,0	-0,01	-10,0	5,02
-10,5	0,66	-10,5	5,03
-11,0	1,57	-11,0	4,37
-11,5	1,55	-11,5	2,80
-12,0	-0,35	-12,0	1,25
-12,5	0,14	-12,5	1,60
-13,0	0,36	-13,0	1,46
-13,5	0,56	-13,5	1,10
-14,0	0,35	-14,0	0,54
-14,5	0,19	-14,5	0,19

DATA: 15/02/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,42	-0,5	0,58
-1,0	-0,62	-1,0	1,00
-1,5	-0,85	-1,5	1,62
-2,0	-0,80	-2,0	2,47
-2,5	-0,40	-2,5	3,27
-3,0	-1,09	-3,0	3,67
-3,5	-0,51	-3,5	4,76
-4,0	-0,64	-4,0	5,27
-4,5	-0,41	-4,5	5,91
-5,0	-0,08	-5,0	6,32
-5,5	-0,06	-5,5	6,40
-6,0	-0,36	-6,0	6,46
-6,5	0,05	-6,5	6,82
-7,0	0,08	-7,0	6,77
-7,5	0,28	-7,5	6,69
-8,0	0,83	-8,0	6,41
-8,5	0,90	-8,5	5,58
-9,0	-0,11	-9,0	4,68
-9,5	0,03	-9,5	4,79
-10,0	-0,04	-10,0	4,76
-10,5	0,56	-10,5	4,80
-11,0	1,45	-11,0	4,24
-11,5	1,51	-11,5	2,79
-12,0	-0,43	-12,0	1,28
-12,5	0,15	-12,5	1,71
-13,0	0,41	-13,0	1,56
-13,5	0,57	-13,5	1,15
-14,0	0,35	-14,0	0,58
-14,5	0,23	-14,5	0,23

B.2 DESLOCAMENTOS In2

DATA: 04/11/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,00	-0,5	0,00
-1,0	0,00	-1,0	0,00
-1,5	0,00	-1,5	0,00
-2,0	0,00	-2,0	0,00
-2,5	0,00	-2,5	0,00
-3,0	0,00	-3,0	0,00
-3,5	0,00	-3,5	0,00
-4,0	0,00	-4,0	0,00
-4,5	0,00	-4,5	0,00
-5,0	0,00	-5,0	0,00
-5,5	0,00	-5,5	0,00
-6,0	0,00	-6,0	0,00
-6,5	0,00	-6,5	0,00
-7,0	0,00	-7,0	0,00
-7,5	0,00	-7,5	0,00
-8,0	0,00	-8,0	0,00
-8,5	0,00	-8,5	0,00
-9,0	0,00	-9,0	0,00
-9,5	0,00	-9,5	0,00
-10,0	0,00	-10,0	0,00
-10,5	0,00	-10,5	0,00
-11,0	0,00	-11,0	0,00
-11,5	0,00	-11,5	0,00
-12,0	0,00	-12,0	0,00
-12,5	0,00	-12,5	0,00
-13,0	0,00	-13,0	0,00
-13,5	0,00	-13,5	0,00
-14,0	0,00	-14,0	0,00
-14,5	0,00	-14,5	0,00
-15,0	0,00	-15,0	0,00
-15,5	0,00	-15,5	0,00
-16,0	0,00	-16,0	0,00

DATA: 14/11/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,00	-0,5	-0,21
-1,0	3,91	-1,0	-0,21
-1,5	-2,99	-1,5	-4,12
-2,0	0,31	-2,0	-1,13
-2,5	-0,35	-2,5	-1,44
-3,0	-0,15	-3,0	-1,09
-3,5	-0,30	-3,5	-0,94
-4,0	0,05	-4,0	-0,64
-4,5	-0,30	-4,5	-0,69
-5,0	-0,40	-5,0	-0,39
-5,5	0,03	-5,5	0,01
-6,0	-0,31	-6,0	-0,02
-6,5	-0,20	-6,5	0,29
-7,0	-0,13	-7,0	0,49
-7,5	0,47	-7,5	0,62
-8,0	0,25	-8,0	0,15
-8,5	-0,01	-8,5	-0,10
-9,0	-0,36	-9,0	-0,09
-9,5	-0,74	-9,5	0,27
-10,0	-0,06	-10,0	1,01
-10,5	-0,03	-10,5	1,07
-11,0	-0,14	-11,0	1,10
-11,5	-0,07	-11,5	1,24
-12,0	0,23	-12,0	1,31
-12,5	-0,15	-12,5	1,08
-13,0	0,26	-13,0	1,23
-13,5	0,74	-13,5	0,97
-14,0	0,48	-14,0	0,23
-14,5	-0,14	-14,5	-0,25
-15,0	0,03	-15,0	-0,11
-15,5	-0,14	-15,5	-0,14
-16,0	0,00	-16,0	0,00

DATA: 28/12/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	7,21	-0,5	-2,45
-1,0	-0,34	-1,0	-9,66
-1,5	-4,57	-1,5	-9,32
-2,0	-0,82	-2,0	-4,75
-2,5	-1,32	-2,5	-3,93
-3,0	-2,15	-3,0	-2,61
-3,5	0,57	-3,5	-0,46
-4,0	0,39	-4,0	-1,03
-4,5	0,34	-4,5	-1,42
-5,0	-1,67	-5,0	-1,76
-5,5	0,38	-5,5	-0,09
-6,0	0,52	-6,0	-0,47
-6,5	-1,82	-6,5	-0,99
-7,0	-2,69	-7,0	0,83
-7,5	-1,88	-7,5	3,52
-8,0	1,56	-8,0	5,40
-8,5	3,07	-8,5	3,84
-9,0	2,20	-9,0	0,77
-9,5	1,26	-9,5	-1,43
-10,0	1,10	-10,0	-2,69
-10,5	0,11	-10,5	-3,79
-11,0	-1,75	-11,0	-3,90
-11,5	-0,92	-11,5	-2,15
-12,0	0,21	-12,0	-1,23
-12,5	-0,38	-12,5	-1,44
-13,0	-0,07	-13,0	-1,06
-13,5	0,78	-13,5	-0,99
-14,0	1,09	-14,0	-1,77
-14,5	-0,19	-14,5	-2,86
-15,0	-2,53	-15,0	-2,67
-15,5	-0,14	-15,5	-0,14
-16,0	0,00	-16,0	0,00

DATA: 08/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	7,21	-0,5	1,19
-1,0	4,29	-1,0	-6,02
-1,5	-2,03	-1,5	-10,31
-2,0	-1,27	-2,0	-8,28
-2,5	-1,60	-2,5	-7,01
-3,0	-2,44	-3,0	-5,41
-3,5	-2,44	-3,5	-2,97
-4,0	-2,68	-4,0	-0,53
-4,5	-0,46	-4,5	2,15
-5,0	-1,95	-5,0	2,61
-5,5	-1,40	-5,5	4,56
-6,0	-0,35	-6,0	5,96
-6,5	-0,49	-6,5	6,31
-7,0	-0,35	-7,0	6,80
-7,5	-0,68	-7,5	7,15
-8,0	-0,33	-8,0	7,83
-8,5	0,05	-8,5	8,16
-9,0	0,42	-9,0	8,11
-9,5	0,39	-9,5	7,69
-10,0	0,19	-10,0	7,30
-10,5	1,11	-10,5	7,11
-11,0	0,70	-11,0	6,00
-11,5	0,37	-11,5	5,30
-12,0	0,60	-12,0	4,93
-12,5	0,49	-12,5	4,33
-13,0	0,83	-13,0	3,84
-13,5	0,92	-13,5	3,01
-14,0	1,00	-14,0	2,09
-14,5	0,55	-14,5	1,09
-15,0	0,68	-15,0	0,54
-15,5	-0,14	-15,5	-0,14
-16,0	0,00	-16,0	0,00

DATA: 18/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,62	-0,5	-6,07
-1,0	4,36	-1,0	-6,69
-1,5	-2,04	-1,5	-11,05
-2,0	-1,26	-2,0	-9,01
-2,5	-1,59	-2,5	-7,75
-3,0	-2,37	-3,0	-6,16
-3,5	-2,38	-3,5	-3,79
-4,0	-2,72	-4,0	-1,41
-4,5	-1,30	-4,5	1,31
-5,0	-1,97	-5,0	2,61
-5,5	-1,26	-5,5	4,58
-6,0	-0,31	-6,0	5,84
-6,5	-0,44	-6,5	6,15
-7,0	-0,36	-7,0	6,59
-7,5	-0,82	-7,5	6,95
-8,0	-0,32	-8,0	7,77
-8,5	-0,07	-8,5	8,09
-9,0	0,37	-9,0	8,16
-9,5	0,39	-9,5	7,79
-10,0	0,11	-10,0	7,40
-10,5	1,10	-10,5	7,29
-11,0	0,74	-11,0	6,19
-11,5	0,33	-11,5	5,45
-12,0	0,60	-12,0	5,12
-12,5	0,52	-12,5	4,52
-13,0	0,73	-13,0	4,00
-13,5	0,99	-13,5	3,27
-14,0	1,05	-14,0	2,28
-14,5	0,57	-14,5	1,23
-15,0	0,67	-15,0	0,66
-15,5	0,32	-15,5	-0,01
-16,0	-0,33	-16,0	-0,33

DATA: 15/02/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	7,06	-0,5	3,03
-1,0	4,79	-1,0	-4,03
-1,5	-1,79	-1,5	-8,82
-2,0	-1,55	-2,0	-7,03
-2,5	-1,72	-2,5	-5,48
-3,0	-2,43	-3,0	-3,76
-3,5	-2,49	-3,5	-1,33
-4,0	-2,82	-4,0	1,16
-4,5	-0,01	-4,5	3,98
-5,0	-2,13	-5,0	3,99
-5,5	-1,42	-5,5	6,12
-6,0	-0,51	-6,0	7,54
-6,5	-0,68	-6,5	8,05
-7,0	-0,51	-7,0	8,73
-7,5	-1,00	-7,5	9,24
-8,0	-0,32	-8,0	10,24
-8,5	-0,01	-8,5	10,56
-9,0	0,42	-9,0	10,57
-9,5	0,46	-9,5	10,15
-10,0	0,27	-10,0	9,69
-10,5	1,48	-10,5	9,42
-11,0	1,08	-11,0	7,94
-11,5	0,78	-11,5	6,86
-12,0	0,72	-12,0	6,08
-12,5	0,64	-12,5	5,36
-13,0	0,89	-13,0	4,72
-13,5	1,03	-13,5	3,83
-14,0	1,22	-14,0	2,80
-14,5	0,68	-14,5	1,58
-15,0	0,87	-15,0	0,90
-15,5	0,46	-15,5	0,03
-16,0	-0,43	-16,0	-0,43

B.3 DESLOCAMENTOS In3

DATA: 21/10/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,00	-0,5	0,00
-1,0	0,00	-1,0	0,00
-1,5	0,00	-1,5	0,00
-2,0	0,00	-2,0	0,00
-2,5	0,00	-2,5	0,00
-3,0	0,00	-3,0	0,00
-3,5	0,00	-3,5	0,00
-4,0	0,00	-4,0	0,00
-4,5	0,00	-4,5	0,00
-5,0	0,00	-5,0	0,00
-5,5	0,00	-5,5	0,00
-6,0	0,00	-6,0	0,00
-6,5	0,00	-6,5	0,00
-7,0	0,00	-7,0	0,00
-7,5	0,00	-7,5	0,00
-8,0	0,00	-8,0	0,00
-8,5	0,00	-8,5	0,00
-9,0	0,00	-9,0	0,00
-9,5	0,00	-9,5	0,00
-10,0	0,00	-10,0	0,00
-10,5	0,00	-10,5	0,00
-11,0	0,00	-11,0	0,00
-11,5	0,00	-11,5	0,00
-12,0	0,00	-12,0	0,00
-12,5	0,00	-12,5	0,00
-13,0	0,00	-13,0	0,00
-13,5	0,00	-13,5	0,00
-14,0	0,00	-14,0	0,00
-14,5	0,00	-14,5	0,00

DATA: 04/11/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,56	-0,5	10,40
-1,0	0,20	-1,0	9,84
-1,5	0,21	-1,5	9,64
-2,0	0,15	-2,0	9,43
-2,5	2,30	-2,5	9,28
-3,0	0,73	-3,0	6,98
-3,5	0,37	-3,5	6,25
-4,0	0,44	-4,0	5,88
-4,5	0,03	-4,5	5,44
-5,0	0,35	-5,0	5,41
-5,5	0,22	-5,5	5,06
-6,0	-0,01	-6,0	4,84
-6,5	0,01	-6,5	4,85
-7,0	0,20	-7,0	4,84
-7,5	0,09	-7,5	4,64
-8,0	-0,13	-8,0	4,55
-8,5	0,26	-8,5	4,68
-9,0	0,13	-9,0	4,42
-9,5	0,41	-9,5	4,29
-10,0	0,25	-10,0	3,88
-10,5	0,44	-10,5	3,63
-11,0	0,23	-11,0	3,19
-11,5	0,48	-11,5	2,96
-12,0	0,18	-12,0	2,48
-12,5	0,48	-12,5	2,30
-13,0	0,29	-13,0	1,82
-13,5	0,33	-13,5	1,53
-14,0	0,12	-14,0	1,20
-14,5	1,08	-14,5	1,08

DATA: 14/11/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,39	-0,5	5,70
-1,0	0,24	-1,0	5,31
-1,5	0,23	-1,5	5,07
-2,0	0,28	-2,0	4,84
-2,5	0,36	-2,5	4,56
-3,0	0,44	-3,0	4,20
-3,5	0,36	-3,5	3,76
-4,0	0,32	-4,0	3,40
-4,5	0,08	-4,5	3,08
-5,0	0,31	-5,0	3,00
-5,5	0,47	-5,5	2,69
-6,0	-0,05	-6,0	2,22
-6,5	-0,07	-6,5	2,27
-7,0	0,03	-7,0	2,34
-7,5	-0,11	-7,5	2,31
-8,0	-0,06	-8,0	2,42
-8,5	0,23	-8,5	2,48
-9,0	-0,01	-9,0	2,25
-9,5	0,11	-9,5	2,26
-10,0	0,37	-10,0	2,15
-10,5	0,06	-10,5	1,78
-11,0	0,23	-11,0	1,72
-11,5	0,36	-11,5	1,49
-12,0	0,12	-12,0	1,13
-12,5	0,24	-12,5	1,01
-13,0	0,15	-13,0	0,77
-13,5	0,13	-13,5	0,62
-14,0	0,35	-14,0	0,49
-14,5	0,14	-14,5	0,14

DATA: 28/12/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,24	-0,5	7,95
-1,0	-0,10	-1,0	8,19
-1,5	-0,16	-1,5	8,29
-2,0	0,02	-2,0	8,45
-2,5	-0,02	-2,5	8,43
-3,0	-0,89	-3,0	8,45
-3,5	0,11	-3,5	9,34
-4,0	0,01	-4,0	9,23
-4,5	-0,43	-4,5	9,22
-5,0	0,05	-5,0	9,65
-5,5	-0,07	-5,5	9,60
-6,0	-0,31	-6,0	9,67
-6,5	-0,14	-6,5	9,98
-7,0	-0,12	-7,0	10,12
-7,5	-0,30	-7,5	10,24
-8,0	-0,06	-8,0	10,54
-8,5	-0,03	-8,5	10,60
-9,0	0,22	-9,0	10,63
-9,5	0,55	-9,5	10,41
-10,0	0,70	-10,0	9,86
-10,5	0,82	-10,5	9,16
-11,0	1,05	-11,0	8,34
-11,5	1,30	-11,5	7,29
-12,0	1,04	-12,0	5,99
-12,5	0,90	-12,5	4,95
-13,0	0,90	-13,0	4,05
-13,5	1,09	-13,5	3,15
-14,0	1,03	-14,0	2,06
-14,5	1,03	-14,5	1,03

DATA: 07/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,18	-0,5	8,50
-1,0	-0,21	-1,0	8,68
-1,5	-0,14	-1,5	8,89
-2,0	-0,08	-2,0	9,03
-2,5	0,11	-2,5	9,11
-3,0	-0,32	-3,0	9,00
-3,5	-0,11	-3,5	9,32
-4,0	-0,10	-4,0	9,43
-4,5	-0,38	-4,5	9,53
-5,0	-0,02	-5,0	9,91
-5,5	-0,18	-5,5	9,93
-6,0	-0,33	-6,0	10,11
-6,5	-0,24	-6,5	10,44
-7,0	-0,14	-7,0	10,68
-7,5	-0,35	-7,5	10,82
-8,0	-0,08	-8,0	11,17
-8,5	-0,09	-8,5	11,25
-9,0	-0,05	-9,0	11,34
-9,5	0,56	-9,5	11,39
-10,0	0,72	-10,0	10,83
-10,5	0,82	-10,5	10,11
-11,0	1,11	-11,0	9,29
-11,5	1,32	-11,5	8,18
-12,0	1,15	-12,0	6,86
-12,5	1,03	-12,5	5,71
-13,0	1,08	-13,0	4,68
-13,5	1,19	-13,5	3,60
-14,0	1,22	-14,0	2,41
-14,5	1,19	-14,5	1,19

DATA: 08/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,36	-0,5	10,39
-1,0	-0,10	-1,0	10,03
-1,5	0,00	-1,5	10,13
-2,0	0,03	-2,0	10,13
-2,5	0,07	-2,5	10,10
-3,0	-0,30	-3,0	10,03
-3,5	0,26	-3,5	10,33
-4,0	-0,12	-4,0	10,07
-4,5	-0,43	-4,5	10,19
-5,0	0,06	-5,0	10,62
-5,5	-0,22	-5,5	10,56
-6,0	-0,26	-6,0	10,78
-6,5	-0,16	-6,5	11,04
-7,0	-0,28	-7,0	11,20
-7,5	-0,24	-7,5	11,48
-8,0	-0,10	-8,0	11,72
-8,5	-0,09	-8,5	11,82
-9,0	0,27	-9,0	11,91
-9,5	0,59	-9,5	11,64
-10,0	0,82	-10,0	11,05
-10,5	0,86	-10,5	10,23
-11,0	1,13	-11,0	9,37
-11,5	1,17	-11,5	8,24
-12,0	1,04	-12,0	7,07
-12,5	1,10	-12,5	6,03
-13,0	1,07	-13,0	4,93
-13,5	1,17	-13,5	3,86
-14,0	1,29	-14,0	2,69
-14,5	1,40	-14,5	1,40

DATA: 18/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,02	-0,5	8,50
-1,0	-0,10	-1,0	8,52
-1,5	-0,25	-1,5	8,62
-2,0	-0,43	-2,0	8,87
-2,5	-0,13	-2,5	9,30
-3,0	-0,38	-3,0	9,43
-3,5	-0,06	-3,5	9,81
-4,0	-0,14	-4,0	9,87
-4,5	-0,50	-4,5	10,01
-5,0	-0,08	-5,0	10,51
-5,5	-0,21	-5,5	10,59
-6,0	-0,26	-6,0	10,80
-6,5	-0,29	-6,5	11,06
-7,0	-0,21	-7,0	11,35
-7,5	-0,30	-7,5	11,56
-8,0	-0,23	-8,0	11,86
-8,5	-0,12	-8,5	12,09
-9,0	0,15	-9,0	12,21
-9,5	0,47	-9,5	12,06
-10,0	0,75	-10,0	11,59
-10,5	0,86	-10,5	10,84
-11,0	1,10	-11,0	9,98
-11,5	1,31	-11,5	8,88
-12,0	1,15	-12,0	7,57
-12,5	1,09	-12,5	6,42
-13,0	1,25	-13,0	5,33
-13,5	1,18	-13,5	4,08
-14,0	1,41	-14,0	2,90
-14,5	1,49	-14,5	1,49

DATA: 15/02/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,09	-0,5	9,01
-1,0	-0,26	-1,0	9,10
-1,5	-0,35	-1,5	9,36
-2,0	-0,16	-2,0	9,71
-2,5	-0,07	-2,5	9,87
-3,0	-0,39	-3,0	9,94
-3,5	0,17	-3,5	10,33
-4,0	-0,08	-4,0	10,16
-4,5	-0,42	-4,5	10,24
-5,0	-0,01	-5,0	10,66
-5,5	-0,14	-5,5	10,67
-6,0	-0,23	-6,0	10,81
-6,5	-0,23	-6,5	11,04
-7,0	-0,25	-7,0	11,27
-7,5	-0,35	-7,5	11,52
-8,0	-0,38	-8,0	11,87
-8,5	-0,20	-8,5	12,25
-9,0	0,25	-9,0	12,45
-9,5	0,59	-9,5	12,20
-10,0	0,74	-10,0	11,61
-10,5	0,94	-10,5	10,87
-11,0	1,03	-11,0	9,93
-11,5	1,26	-11,5	8,90
-12,0	1,16	-12,0	7,64
-12,5	1,11	-12,5	6,48
-13,0	1,12	-13,0	5,37
-13,5	1,29	-13,5	4,25
-14,0	1,32	-14,0	2,96
-14,5	1,64	-14,5	1,64

B.4 DESLOCAMENTOS In4

DATA: 28/12/2013			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	0,00	-0,5	0,00
-1,0	0,00	-1,0	0,00
-1,5	0,00	-1,5	0,00
-2,0	0,00	-2,0	0,00
-2,5	0,00	-2,5	0,00
-3,0	0,00	-3,0	0,00
-3,5	0,00	-3,5	0,00
-4,0	0,00	-4,0	0,00
-4,5	0,00	-4,5	0,00
-5,0	0,00	-5,0	0,00
-5,5	0,00	-5,5	0,00
-6,0	0,00	-6,0	0,00
-6,5	0,00	-6,5	0,00
-7,0	0,00	-7,0	0,00
-7,5	0,00	-7,5	0,00
-8,0	0,00	-8,0	0,00
-8,5	0,00	-8,5	0,00
-9,0	0,00	-9,0	0,00
-9,5	0,00	-9,5	0,00
-10,0	0,00	-10,0	0,00
-10,5	0,00	-10,5	0,00
-11,0	0,00	-11,0	0,00
-11,5	0,00	-11,5	0,00

DATA: 07/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-0,27	-0,5	-10,20
-1,0	-0,10	-1,0	-9,93
-1,5	-0,50	-1,5	-9,83
-2,0	-0,93	-2,0	-9,33
-2,5	-1,46	-2,5	-8,40
-3,0	-1,33	-3,0	-6,94
-3,5	0,49	-3,5	-5,61
-4,0	0,10	-4,0	-6,10
-4,5	-1,94	-4,5	-6,20
-5,0	-2,15	-5,0	-4,26
-5,5	-0,26	-5,5	-2,11
-6,0	-0,53	-6,0	-1,85
-6,5	-0,80	-6,5	-1,32
-7,0	-4,06	-7,0	-0,52
-7,5	1,80	-7,5	3,54
-8,0	0,24	-8,0	1,74
-8,5	-0,75	-8,5	1,50
-9,0	-0,10	-9,0	2,25
-9,5	0,41	-9,5	2,35
-10,0	1,94	-10,0	1,94
-10,5	0,00	-10,5	0,00
-11,0	0,00	-11,0	0,00
-11,5	0,00	-11,5	0,00

DATA: 08/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-1,17	-0,5	-11,12
-1,0	-0,01	-1,0	-9,95
-1,5	-0,44	-1,5	-9,94
-2,0	-0,89	-2,0	-9,50
-2,5	-1,44	-2,5	-8,61
-3,0	-1,18	-3,0	-7,17
-3,5	0,56	-3,5	-5,99
-4,0	0,03	-4,0	-6,55
-4,5	-1,97	-4,5	-6,58
-5,0	-2,05	-5,0	-4,61
-5,5	-0,19	-5,5	-2,56
-6,0	-0,52	-6,0	-2,37
-6,5	-0,87	-6,5	-1,85
-7,0	-4,32	-7,0	-0,98
-7,5	1,63	-7,5	3,34
-8,0	0,18	-8,0	1,71
-8,5	-0,72	-8,5	1,53
-9,0	-0,03	-9,0	2,25
-9,5	0,47	-9,5	2,28
-10,0	1,81	-10,0	1,81
-10,5	0,00	-10,5	0,00
-11,0	0,00	-11,0	0,00
-11,5	0,00	-11,5	0,00

DATA: 18/01/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-5,32	-0,5	-50,17
-1,0	-5,17	-1,0	-44,85
-1,5	-5,09	-1,5	-39,68
-2,0	-0,95	-2,0	-34,59
-2,5	-1,62	-2,5	-33,64
-3,0	-2,81	-3,0	-32,02
-3,5	-2,23	-3,5	-29,21
-4,0	-1,65	-4,0	-26,98
-4,5	-2,32	-4,5	-25,33
-5,0	-2,90	-5,0	-23,01
-5,5	-3,87	-5,5	-20,11
-6,0	-4,96	-6,0	-16,24
-6,5	-4,04	-6,5	-11,28
-7,0	-4,74	-7,0	-7,24
-7,5	-3,08	-7,5	-2,50
-8,0	-2,58	-8,0	0,58
-8,5	-3,07	-8,5	3,16
-9,0	0,67	-9,0	6,23
-9,5	-0,12	-9,5	5,56
-10,0	1,33	-10,0	5,68
-10,5	1,51	-10,5	4,35
-11,0	1,99	-11,0	2,84
-11,5	0,85	-11,5	0,85

DATA: 15/02/2014			
Valores incrementais		Valores acumulados	
Prof.(m)	Eixo A (mm)	Prof.(m)	Eixo A (mm)
-0,5	-5,32	-0,5	-71,19
-1,0	-5,17	-1,0	-65,87
-1,5	-5,09	-1,5	-60,70
-2,0	-5,44	-2,0	-55,61
-2,5	-2,88	-2,5	-50,17
-3,0	-2,36	-3,0	-47,29
-3,5	-2,47	-3,5	-44,93
-4,0	-2,50	-4,0	-42,46
-4,5	-3,73	-4,5	-39,96
-5,0	-4,17	-5,0	-36,23
-5,5	-3,20	-5,5	-32,06
-6,0	-4,54	-6,0	-28,86
-6,5	-5,97	-6,5	-24,32
-7,0	-7,14	-7,0	-18,35
-7,5	-3,38	-7,5	-11,21
-8,0	-3,33	-8,0	-7,83
-8,5	-3,51	-8,5	-4,50
-9,0	-4,29	-9,0	-0,99
-9,5	0,63	-9,5	3,30
-10,0	0,93	-10,0	2,67
-10,5	0,25	-10,5	1,74
-11,0	1,08	-11,0	1,49
-11,5	0,41	-11,5	0,41

APÊNDICE C – Dados do monitoramento das seções de nivelamento

C.1 DESLOCAMENTOS SEÇÃO M11

M11-1			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,269	0	0
30/08/2013	13,261	-8	8
27/09/2013	13,258	-11	11
11/10/2013	13,258	-11	11
22/10/2013	13,249	-20	20
01/11/2013	13,251	-18	18
18/11/2013	13,256	-13	13
10/12/2013	13,254	-15	15
13/01/2014	13,253	-16	16
21/01/2014	13,257	-12	12
24/01/2014	13,254	-15	15

M11-5			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,183	0	0
30/08/2013	13,182	-1	1
27/09/2013	13,177	-6	6
11/10/2013	13,177	-6	6
22/10/2013	13,176	-7	7
01/11/2013	13,178	-5	5
18/11/2013	13,178	-5	5
10/12/2013	13,179	-4	4
13/01/2014	13,176	-7	7
21/01/2014	13,176	-7	7
24/01/2014	13,175	-8	8

M11-2			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,292	0	0
30/08/2013	13,286	-6	6
27/09/2013	13,282	-10	10
11/10/2013	13,282	-10	10
22/10/2013	13,274	-18	18
01/11/2013	13,277	-15	15
18/11/2013	13,279	-13	13
10/12/2013	13,281	-11	11
13/01/2014	13,28	-12	12
21/01/2014	13,278	-14	14
24/01/2014	13,277	-15	15

M11-6			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,171	0	0
30/08/2013	13,17	-1	1
27/09/2013	13,166	-5	5
11/10/2013	13,166	-5	5
22/10/2013	13,164	-7	7
01/11/2013	13,169	-2	2
18/11/2013	13,168	-3	3
10/12/2013	13,168	-3	3
13/01/2014	13,165	-6	6
21/01/2014	13,166	-5	5
24/01/2014	13,163	-8	8

M11-3			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,288	0	0
30/08/2013	13,284	-4	4
27/09/2013	13,28	-8	8
11/10/2013	13,28	-8	8
22/10/2013	13,276	-12	12
01/11/2013	13,279	-9	9
18/11/2013	13,28	-8	8
10/12/2013	13,281	-7	7
13/01/2014	13,279	-9	9
21/01/2014	13,279	-9	9
24/01/2014	13,278	-10	10

M11-7			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,171	0	0
30/08/2013	13,17	-1	1
27/09/2013	13,167	-4	4
11/10/2013	13,167	-4	4
22/10/2013	13,165	-6	6
01/11/2013	13,169	-2	2
18/11/2013	13,17	-1	1
10/12/2013	13,17	-1	1
13/01/2014	13,167	-4	4
21/01/2014	13,166	-5	5
24/01/2014	13,164	-7	7

M11-4			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,226	0	0
30/08/2013	13,223	-3	3
27/09/2013	13,22	-6	6
11/10/2013	13,22	-6	6
22/10/2013	13,216	-10	10
01/11/2013	13,219	-7	7
18/11/2013	13,22	-6	6
10/12/2013	13,223	-3	3
13/01/2014	13,221	-5	5
21/01/2014	13,218	-8	8
24/01/2014	13,217	-9	9

M11-8			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,115	0	0
30/08/2013	13,114	-1	1
27/09/2013	13,112	-3	3
11/10/2013	13,11	-5	5
22/10/2013	13,108	-7	7
01/11/2013	13,112	-3	3
18/11/2013	13,113	-2	2
10/12/2013	13,113	-2	2
13/01/2014	13,108	-7	7
21/01/2014	13,108	-7	7
24/01/2014	13,107	-8	8

M11-9			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,048	0	0
30/08/2013	13,047	-1	1
27/09/2013	13,044	-4	4
11/10/2013	13,044	-4	4
22/10/2013	13,042	-6	6
01/11/2013	13,046	-2	2
18/11/2013	13,048	0	0
10/12/2013	13,047	-1	1
13/01/2014	13,045	-3	3
21/01/2014	13,043	-5	5
24/01/2014	13,042	-6	6

M11-13			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,055	0	0
30/08/2013	13,054	-1	1
27/09/2013	13,052	-3	3
11/10/2013	13,052	-3	3
22/10/2013	13,051	-4	4
01/11/2013	13,061	6	-6
18/11/2013	13,062	7	-7
10/12/2013	13,065	10	-10
13/01/2014	13,066	11	-11
21/01/2014	13,063	8	-8
24/01/2014	13,064	9	-9

M11-10			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,172	0	0
30/08/2013	13,172	0	0
27/09/2013	13,168	-4	4
11/10/2013	13,167	-5	5
22/10/2013	13,165	-7	7
01/11/2013	13,17	-2	2
18/11/2013	13,171	-1	1
10/12/2013	13,171	-1	1
13/01/2014	13,168	-4	4
21/01/2014	13,168	-4	4
24/01/2014	13,167	-5	5

M11-11			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,134	0	0
30/08/2013	13,132	-2	2
27/09/2013	13,131	-3	3
11/10/2013	13,13	-4	4
22/10/2013	13,13	-4	4
01/11/2013	13,135	1	-1
18/11/2013	13,134	0	0
10/12/2013	13,137	3	-3
13/01/2014	13,134	0	0
21/01/2014	13,134	0	0
24/01/2014	13,133	-1	1

M11-12			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	13,085	0	0
30/08/2013	13,083	-2	2
27/09/2013	13,082	-3	3
11/10/2013	13,081	-4	4
22/10/2013	13,08	-5	5
01/11/2013	13,087	2	-2
18/11/2013	13,088	3	-3
10/12/2013	13,092	7	-7
13/01/2014	13,088	3	-3
21/01/2014	13,089	4	-4
24/01/2014	13,088	3	-3

C.2 DESLOCAMENTOS SEÇÃO M17

M17-1			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,299	0	0
27/09/2013	14,303	4	-4
11/10/2013	14,302	3	-3
22/10/2013	14,296	-3	3
01/11/2013	14,304	5	-5
18/11/2013	14,306	7	-7
10/12/2013	14,303	4	-4
13/01/2014	14,306	7	-7
21/01/2014	14,306	7	-7
24/01/2014	14,306	7	-7
31/01/2014	14,306	7	-7

M17-5			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,303	0	0
27/09/2013	14,304	1	-1
11/10/2013	14,301	-2	2
22/10/2013	14,298	-5	5
01/11/2013	14,306	3	-3
18/11/2013	14,308	5	-5
10/12/2013	14,304	1	-1
13/01/2014	14,306	3	-3
21/01/2014	14,306	3	-3
24/01/2014	14,306	3	-3
31/01/2014	14,306	3	-3

M17-2			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,303	0	0
27/09/2013	14,304	1	-1
11/10/2013	14,302	-1	1
22/10/2013	14,299	-4	4
01/11/2013	14,305	2	-2
18/11/2013	14,307	4	-4
10/12/2013	14,303	0	0
13/01/2014	14,308	5	-5
21/01/2014	14,305	2	-2
24/01/2014	14,309	6	-6
31/01/2014	14,309	6	-6

M17-6			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,302	0	0
27/09/2013	14,304	2	-2
11/10/2013	14,303	1	-1
22/10/2013	14,298	-4	4
01/11/2013	14,304	2	-2
18/11/2013	14,304	2	-2
10/12/2013	14,303	1	-1
13/01/2014	14,305	3	-3
21/01/2014	14,306	4	-4
24/01/2014	14,307	5	-5
31/01/2014	14,306	4	-4

M17-3			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,367	0	0
27/09/2013	14,367	0	0
11/10/2013	14,364	-3	3
22/10/2013	14,361	-6	6
01/11/2013	14,368	1	-1
18/11/2013	14,37	3	-3
10/12/2013	14,373	6	-6
13/01/2014	14,369	2	-2
21/01/2014	14,367	0	0
24/01/2014	14,368	1	-1
31/01/2014	14,368	1	-1

M17-7			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,293	0	0
27/09/2013	14,299	6	-6
11/10/2013	14,299	6	-6
22/10/2013	14,293	0	0
01/11/2013	14,302	9	-9
18/11/2013	14,306	13	-13
10/12/2013	14,303	10	-10
13/01/2014	14,3	7	-7
21/01/2014	14,3	7	-7
24/01/2014	14,3	7	-7
31/01/2014	14,301	8	-8

M17-4			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,302	0	0
27/09/2013	14,304	2	-2
11/10/2013	14,303	1	-1
22/10/2013	14,297	-5	5
01/11/2013	14,305	3	-3
18/11/2013	14,307	5	-5
10/12/2013	14,303	1	-1
13/01/2014	14,304	2	-2
21/01/2014	14,306	4	-4
24/01/2014	14,305	3	-3
31/01/2014	14,306	4	-4

M17-8			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,269	0	0
27/09/2013	14,276	7	-7
11/10/2013	14,274	5	-5
22/10/2013	14,27	1	-1
01/11/2013	14,278	9	-9
18/11/2013	14,281	12	-12
10/12/2013	14,282	13	-13
13/01/2014	14,278	9	-9
21/01/2014	14,278	9	-9
24/01/2014	14,278	9	-9
31/01/2014	14,278	9	-9

M17-9			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,286	0	0
27/09/2013	14,295	9	-9
11/10/2013	14,294	8	-8
22/10/2013	14,289	3	-3
01/11/2013	14,298	12	-12
18/11/2013	14,3	14	-14
10/12/2013	14,301	15	-15
13/01/2014	14,298	12	-12
21/01/2014	14,3	14	-14
24/01/2014	14,298	12	-12
31/01/2014	14,299	13	-13

M17-13			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,216	0	0
27/09/2013	14,23	14	-14
11/10/2013	14,228	12	-12
22/10/2013	14,226	10	-10
01/11/2013	14,236	20	-20
18/11/2013	14,236	20	-20
10/12/2013	14,237	21	-21
13/01/2014	14,235	19	-19
21/01/2014	14,238	22	-22
24/01/2014	14,239	23	-23
31/01/2014	14,236	20	-20

M17-10			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,258	0	0
27/09/2013	14,268	10	-10
11/10/2013	14,268	10	-10
22/10/2013	14,264	6	-6
01/11/2013	14,273	15	-15
18/11/2013	14,276	18	-18
10/12/2013	14,274	16	-16
13/01/2014	14,271	13	-13
21/01/2014	14,273	15	-15
24/01/2014	14,271	13	-13
31/01/2014	14,273	15	-15

M17-11			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,244	0	0
27/09/2013	14,255	11	-11
11/10/2013	14,255	11	-11
22/10/2013	14,25	6	-6
01/11/2013	14,26	16	-16
18/11/2013	14,263	19	-19
10/12/2013	14,262	18	-18
13/01/2014	14,26	16	-16
21/01/2014	14,26	16	-16
24/01/2014	14,262	18	-18
31/01/2014	14,263	19	-19

M17-12			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
19/08/2013	14,209	0	0
27/09/2013	14,224	15	-15
11/10/2013	14,223	14	-14
22/10/2013	14,22	11	-11
01/11/2013	14,228	19	-19
18/11/2013	14,23	21	-21
10/12/2013	14,232	23	-23
13/01/2014	14,229	20	-20
21/01/2014	14,229	20	-20
24/01/2014	14,231	22	-22
31/01/2014	14,231	22	-22

APÊNDICE D – Dados do monitoramento dos recalques adjacentes

D.1 EQUAÇÃO

Equação utilizada para cálculo da distorção angular da estrutura:

$$\beta = \frac{\delta_s}{L} \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

β = distorção angular entre dois pontos da edificação;

δ_s = recalque diferencial entre dois pontos da edificação;

L = distância entre os dois pontos da edificação analisados.

D.2 DESLOCAMENTOS EDIFICAÇÃO A

CR01			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	16,209	0	0
11/10/2013	16,208	-1	1
22/10/2013	16,208	-1	1
01/11/2013	16,205	-4	4
18/11/2013	16,206	-3	3
10/12/2013	16,205	-4	4
17/12/2013	16,209	0	0
13/01/2014	16,206	-3	3
21/01/2014	16,206	-3	3
24/01/2014	16,205	-4	4
31/01/2014	16,205	-4	4
08/07/2014	16,203	-6	6

CR03			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	14,292	0	0
11/10/2013	14,292	0	0
22/10/2013	14,292	0	0
01/11/2013	14,292	0	0
18/11/2013	14,292	0	0
10/12/2013	14,293	1	-1
17/12/2013	14,293	1	-1
13/01/2014	14,291	-1	1
21/01/2014	14,291	-1	1
24/01/2014	14,29	-2	2
31/01/2014	14,289	-3	3
08/07/2014	14,29	-2	2

CR02			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	16,346	0	0
11/10/2013	16,346	0	0
22/10/2013	16,346	0	0
01/11/2013	16,347	1	-1
18/11/2013	16,347	1	-1
10/12/2013	16,347	1	-1
17/12/2013	16,349	3	-3
13/01/2014	16,348	2	-2
21/01/2014	16,347	1	-1
24/01/2014	16,346	0	0
31/01/2014	16,346	0	0
08/07/2014	16,345	-1	1

CR04			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	18,075	0	0
11/10/2013	18,073	-2	2
22/10/2013	18,073	-2	2
01/11/2013	18,079	4	-4
18/11/2013	18,081	6	-6
10/12/2013	-	-	-
17/12/2013	18,08	5	-5
13/01/2014	18,077	2	-2
21/01/2014	18,08	5	-5
24/01/2014	18,079	4	-4
31/01/2014	18,076	1	-1
08/07/2014	-	-	-

Data				
11/10/2013				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-1	1/32600
1	4	10050	1	1/10050
2	3	12250	0	0
3	4	32600	2	1/16300

Data				
13/01/2014				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-5	1/6520
1	4	10050	-5	1/2010
2	3	12250	3	1/4083,33
3	4	32600	-3	1/10866,7

Data				
22/10/2013				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-1	1/32600
1	4	10050	1	1/10050
2	3	12250	0	0
3	4	32600	2	1/16300

Data				
21/01/2014				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-4	1/8150
1	4	10050	-8	1/1256,25
2	3	12250	2	1/6125
3	4	32600	-6	1/5433,33

Data				
01/11/2013				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-5	1/6520
1	4	10050	-8	1/1256,25
2	3	12250	1	1/12250
3	4	32600	-4	1/8150

Data				
24/01/2014				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-4	1/8150
1	4	10050	-9	1/1116,67
2	3	12250	2	1/6125
3	4	32600	-6	1/5433,33

Data				
18/11/2013				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-4	1/8150
1	4	10050	-9	1/1116,67
2	3	12250	1	1/12250
3	4	32600	-6	1/5433,33

Data				
31/01/2014				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-4	1/8150
1	4	10050	-6	1/1675
2	3	12250	3	1/4083,33
3	4	32600	-4	1/8150

Data				
10/12/2013				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-5	1/6520
1	4	10050	-	-
2	3	12250	0	0
3	4	32600	-	-

Data				
08/07/2014				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-5	1/6520
1	4	10050	-	-
2	3	12250	1	1/12250
3	4	32600	-	-

Data				
17/12/2013				
CR		L (mm)	δs (mm)	β
1	2	32600	-3	1/10866,7
1	4	10050	-5	1/2010
2	3	12250	2	1/6125
3	4	32600	-4	1/8150

D.3 DESLOCAMENTOS EDIFICAÇÃO B

CR05			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	16,324	0	0
11/10/2013	16,324	0	0
22/10/2013	16,324	0	0
01/11/2013	16,326	2	-2
18/11/2013	16,325	1	-1
10/12/2013	16,326	2	-2
17/12/2013	16,326	2	-2
13/01/2014	16,327	3	-3
21/01/2014	16,327	3	-3
24/01/2014	16,327	3	-3
31/01/2014	16,327	3	-3
08/07/2014	16,329	5	-5

CR07			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	16,019	0	0
11/10/2013	16,019	0	0
22/10/2013	16,019	0	0
01/11/2013	16,023	4	-4
18/11/2013	16,022	3	-3
10/12/2013	16,023	4	-4
17/12/2013	16,022	3	-3
13/01/2014	16,023	4	-4
21/01/2014	16,023	4	-4
24/01/2014	16,023	4	-4
31/01/2014	16,024	5	-5
08/07/2014	16,025	6	-6

CR06			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	15,925	0	0
11/10/2013	15,924	-1	1
22/10/2013	15,924	-1	1
01/11/2013	15,925	0	0
18/11/2013	15,925	0	0
10/12/2013	-	-	-
17/12/2013	15,925	0	0
13/01/2014	15,926	1	-1
21/01/2014	15,926	1	-1
24/01/2014	15,924	-1	1
31/01/2014	15,923	-2	2
08/07/2014	-	-	-

CR08			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	15,419	0	0
11/10/2013	15,419	0	0
22/10/2013	15,419	0	0
01/11/2013	15,418	-1	1
18/11/2013	15,419	0	0
10/12/2013	-	-	-
17/12/2013	15,421	2	-2
13/01/2014	-	-	-
21/01/2014	15,421	2	-2
24/01/2014	15,422	3	-3
31/01/2014	-	-	-
08/07/2014	15,42	1	-1

Data	11/10/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
5	6	32600	1	1/32600
5	7	23900	0	0
6	8	20350	-1	1/20350
7	8	32600	0	0

Data	18/11/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
5	6	32600	1	1/32600
5	7	23900	-2	1/11950
6	8	20350	0	0
7	8	32600	3	1/10867

Data	22/10/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
5	6	32600	1	1/32600
5	7	23900	0	0
6	8	20350	-1	1/20350
7	8	32600	0	0

Data	10/12/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
5	6	32600	-	-
5	7	23900	-2	1/11950
6	8	20350	-	-
7	8	32600	-	-

Data	01/11/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
5	6	32600	2	1/16300
5	7	23900	-2	1/11950
6	8	20350	1	1/20350
7	8	32600	5	1/6520

Data	17/12/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
5	6	32600	2	1/16300
5	7	23900	-1	1/23900
6	8	20350	-2	1/10175
7	8	32600	1	1/32600

13/01/2014				
Data	CR	L (mm)	δs (mm)	β
5	6	32600	2	1/16300
5	7	23900	-1	1/23900
6	8	20350	-	-
7	8	32600	-	-

31/01/2014				
Data	CR	L (mm)	δs (mm)	β
5	6	32600	5	1/6520
5	7	23900	-2	1/11950
6	8	20350	-	-
7	8	32600	-	-

21/01/2014				
Data	CR	L (mm)	δs (mm)	β
5	6	32600	2	1/161300
5	7	23900	-1	1/23900
6	8	20350	-1	1/20350
7	8	32600	2	1/16300

08/07/2014				
Data	CR	L (mm)	δs (mm)	β
5	6	32600	-	-
5	7	23900	-1	1/23900
6	8	20350	-	-
7	8	32600	5	1/6520

24/01/2014				
Data	CR	L (mm)	δs (mm)	β
5	6	32600	4	1/8150
5	7	23900	-1	1/23900
6	8	20350	-4	1/5087,5
7	8	32600	1	1/32600

D.4 DESLOCAMENTOS EDIFICAÇÃO C

CR13			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	16,626	0	0
11/10/2013	16,624	-2	2
22/10/2013	16,624	-2	2
01/11/2013	16,621	-5	5
18/11/2013	16,623	-3	3
10/12/2013	16,623	-3	3
17/12/2013	16,622	-4	4
13/01/2014	16,619	-7	7
21/01/2014	16,619	-7	7
24/01/2014	16,619	-7	7
31/01/2014	16,619	-7	7
08/07/2014	16,619	-7	7

CR15			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	16,439	0	0
11/10/2013	16,437	-2	2
22/10/2013	16,437	-2	2
01/11/2013	16,434	-5	5
18/11/2013	16,437	-2	2
10/12/2013	16,437	-2	2
17/12/2013	16,439	0	0
13/01/2014	16,434	-5	5
21/01/2014	16,435	-4	4
24/01/2014	16,434	-5	5
31/01/2014	16,433	-6	6
08/07/2014	16,426	-13	13

CR14			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	17,081	0	0
11/10/2013	17,081	0	0
22/10/2013	17,081	0	0
01/11/2013	17,081	0	0
18/11/2013	17,081	0	0
10/12/2013	-	-	-
17/12/2013	17,08	-1	1
13/01/2014	17,08	-1	1
21/01/2014	17,078	-3	3
24/01/2014	17,08	-1	1
31/01/2014	17,077	-4	4
08/07/2014	17,081	0	0

Data	11/10/2013			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-2	1/8150
13	15	6800	0	0

Data	13/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-6	1/2717
13	15	6800	-2	1/3400

Data	22/10/2013			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-2	1/8150
13	15	6800	0	0

Data	21/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-4	1/4075
13	15	6800	-3	1/2267

Data	01/11/2013			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-5	1/3260
13	15	6800	0	0

Data	24/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-6	1/2717
13	15	6800	-2	1/3400

Data	18/11/2013			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-3	1/5433
13	15	6800	-1	1/6800

Data	31/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-3	1/5433
13	15	6800	-1	1/6800

Data	10/12/2013			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-	-
13	15	6800	-1	1/6800

Data	08/07/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-7	1/2329
13	15	6800	6	1/1133

Data	17/12/2013			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
13	14	16300	-3	1/5433
13	15	6800	-4	1/1700

D.5 DESLOCAMENTOS EDIFICAÇÃO D

CR09			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	15,323	0	0
11/10/2013	15,322	-1	1
22/10/2013	15,322	-1	1
01/11/2013	15,32	-3	3
18/11/2013	15,32	-3	3
10/12/2013	15,318	-5	5
17/12/2013	15,32	-3	3
13/01/2014	15,322	-1	1
21/01/2014	15,321	-2	2
24/01/2014	15,321	-2	2
31/01/2014	15,322	-1	1
08/07/2014	15,319	-4	4

CR11			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	15,924	0	0
11/10/2013	15,921	-3	3
22/10/2013	15,921	-3	3
01/11/2013	15,923	-1	1
18/11/2013	15,921	-3	3
10/12/2013	15,92	-4	4
17/12/2013	15,919	-5	5
13/01/2014	15,914	-10	10
21/01/2014	15,917	-7	7
24/01/2014	15,911	-13	13
31/01/2014	15,914	-10	10
08/07/2014	-	-	-

CR10			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	15,913	0	0
11/10/2013	15,908	-5	5
22/10/2013	15,908	-5	5
01/11/2013	15,909	-4	4
18/11/2013	15,908	-5	5
10/12/2013	15,906	-7	7
17/12/2013	15,908	-5	5
13/01/2014	15,908	-5	5
21/01/2014	15,911	-2	2
24/01/2014	15,906	-7	7
31/01/2014	15,906	-7	7
08/07/2014	15,911	-2	2

CR12			
Data	Cota	δ (mm)	ρ (mm)
27/09/2013	15,167	0	0
11/10/2013	15,166	-1	1
22/10/2013	15,166	-1	1
01/11/2013	15,166	-1	1
18/11/2013	15,164	-3	3
10/12/2013	15,16	-7	7
17/12/2013	15,16	-7	7
13/01/2014	15,160	-7	7
21/01/2014	15,16	-7	7
24/01/2014	15,16	-7	7
31/01/2014	-	-	-
08/07/2014	15,157	-10	10

Data	11/10/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
9	10	6300	4	1/1575
9	12	27800	0	0
10	11	20850	-2	1/20350
11	12	11400	-2	0

Data	18/11/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
9	10	6300	2	1/3150
9	12	27800	0	0
10	11	20850	-2	1/10425
11	12	11400	0	0

Data	22/10/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
9	10	6300	4	1/1575
9	12	27800	0	0
10	11	20850	-2	1/10425
11	12	11400	-2	1/5700

Data	10/12/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
9	10	6300	2	1/3150
9	12	27800	2	1/13900
10	11	20850	-3	1/6950
11	12	11400	3	1/3800

Data	01/11/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
9	10	6300	1	1/6300
9	12	27800	-2	1/13900
10	11	20850	-3	1/6950
11	12	11400	0	0

Data	17/12/2013			
CR	L (mm)	δ_s (mm)	β	
9	10	6300	2	1/3150
9	12	27800	4	1/6950
10	11	20850	0	0
11	12	11400	2	1/5700

Data	13/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
9	10	6300	4	1/1575
9	12	27800	6	1/4633
10	11	20850	5	1/4170
11	12	11400	-3	1/3800

Data	31/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
9	10	6300	6	1/1050
9	12	27800	-	-
10	11	20850	3	1/6950
11	12	11400	-	-

Data	21/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
9	10	6300	0	0
9	12	27800	5	1/5560
10	11	20850	5	1/4170
11	12	11400	0	0

Data	08/07/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
9	10	6300	-2	1/3150
9	12	27800	6	1/4633
10	11	20850	-	-
11	12	11400	-	-

Data	24/01/2014			
CR	L (mm)	δs (mm)	β	
9	10	6300	5	1/1260
9	12	27800	5	1/5560
10	11	20850	6	1/3475
11	12	11400	-6	1/1900

APÊNDICE E – Relação entre métodos empíricos e semi-empírico e o monitoramento acompanhado no presente estudo

E.1 DESLOCAMENTOS VERTICAIS

Peck (1969)												
Δx (m)	h = 2 m			h = 4,5 m			h = 7 m			h = 8,45 m		
	2	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	4,5	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	7	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	8,45	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)
0,5	0,25	0,8	16	0,11	0,95	42,75	0,07	0,97	67,9	0,06	0,98	82,81
1	0,50	0,6	12	0,22	0,85	38,25	0,14	0,9	63	0,12	0,89	75,205
1,5	0,75	0,5	10	0,33	0,78	35,1	0,21	0,85	59,5	0,18	0,85	71,825
2	1,00	0,4	8	0,44	0,7	31,5	0,29	0,78	54,6	0,24	0,83	70,135
2,5	1,25	0,3	6	0,56	0,61	27,45	0,36	0,76	53,2	0,30	0,77	65,065
3	1,50	0,2	4	0,67	0,55	24,75	0,43	0,7	49	0,36	0,76	64,22
4	2,00	0,1	2	0,89	0,41	18,45	0,57	0,61	42,7	0,47	0,63	53,235
5	2,50	0	0	1,11	0,35	15,75	0,71	0,55	38,5	0,59	0,58	49,01
6	3,00	0	0	1,33	0,28	12,6	0,86	0,45	31,5	0,71	0,51	43,095
7	3,50	0	0	1,56	0,2	9	1,00	0,4	28	0,83	0,48	40,56
8	4,00	0	0	1,78	0,17	7,65	1,14	0,35	24,5	0,95	0,4	33,8
9	4,50	0	0	2,00	0,11	4,95	1,29	0,3	21	1,07	0,38	32,11
10	5,00	0	0	2,22	0,08	3,6	1,43	0,25	17,5	1,18	0,35	29,575
Δx (m)	h = 2 m			h = 5 m			h = 8 m			h = 9,45 m		
	2	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	5	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	8	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	9,45	ρ/h (%)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)
0,5	0,25	0,8	16	0,10	0,95	47,5	0,06	0,98	78,4	0,05	0,99	93,555
1	0,50	0,6	12	0,20	0,85	42,5	0,13	0,89	71,2	0,11	0,92	86,94
1,5	0,75	0,5	10	0,30	0,8	40	0,19	0,87	69,6	0,16	0,9	85,05
2	1,00	0,4	8	0,40	0,7	35	0,25	0,8	64	0,21	0,85	80,325
2,5	1,25	0,3	6	0,50	0,65	32,5	0,31	0,75	60	0,26	0,79	74,655
3	1,50	0,2	4	0,60	0,6	30	0,38	0,7	56	0,32	0,75	70,875
4	2,00	0,1	2	0,80	0,5	25	0,50	0,62	49,6	0,42	0,68	64,26
5	2,50	0	0	1,00	0,4	20	0,63	0,55	44	0,53	0,6	56,7
6	3,00	0	0	1,20	0,32	16	0,75	0,5	40	0,63	0,55	51,975
7	3,50	0	0	1,40	0,25	12,5	0,88	0,43	34,4	0,74	0,49	46,305
8	4,00	0	0	1,60	0,2	10	1,00	0,4	32	0,85	0,45	42,525
9	4,50	0	0	1,80	0,35	17,5	1,13	0,35	28	0,95	0,4	37,8
10	5,00	0	0	2,00	0,1	5	1,25	0,3	24	1,06	0,38	35,91

Ranzini e Negro (1998)		
Construção mediana		
H (m)	ρ_{min} (mm)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)
2	3	10
4,5	6,75	22,5
5	7,5	25
7	10,5	35
7,5	11,25	37,5
8	12	40
8,45	12,675	42,25
8,95	13,425	44,75
9,45	14,175	47,25

Mana e Clough (1981)					
M17					
Data	δh (mm)	$0,5 \cdot \delta h$ (mm)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	$\rho_{\text{máx}}/\delta h$	verificação
27/set	-	-	1	-	-
11/out	-0,0942	-0,0471	3	31,8	não ok
22/out	2,0449	1,0224	1	0,5	ok
01/nov	-2,0449	-1,0224	1	0,5	ok
18/nov	4,0898	2,0449	-4	1,0	ok
13/jan	5,9933	2,9967	-5	0,8	ok
21/jan	2,9496	1,4748	-3	1,0	ok
24/jan	-2,2333	-1,1167	2	0,9	ok
31/jan	2,1391	1,0695	-2	0,9	ok
M11					
Data	δh (mm)	$0,5 \cdot \delta h$ (mm)	$\rho_{\text{máx}}$ (mm)	$\rho_{\text{máx}}/\delta h$	verificação
11/out	8,9391	4,4695	0	0,00	ok
22/out	3,0958	1,5479	0	0,00	ok
01/nov	3,7406	1,8703	-10	2,67	não ok
18/nov	-7,8297	-3,9149	1	0,13	ok
10/dez	-15,2991	-7,6495	2	0,13	ok
13/jan	1,7542	0,8771	-1	0,57	ok
21/jan	3,3281	1,6641	3	0,90	ok
24/jan	-45,8972	-22,9486	3	0,07	ok
31/jan	-31,5392	-15,7696	-	-	-

Obs.: Considerando que a relação deslocamento vertical e horizontal abaixo de 0,5 também é aceitável

Bauer (1984)													
Dr	0,093		Mão-de-obra		médio	1							
ro	0,01568723	1,568722827	Dificuldade construtiva		média	1,02							
H (m)	B	So	x ($\Delta x = 0,5$ m)	x ($\Delta x = 1,0$ m)	x ($\Delta x = 1,5$ m)	x ($\Delta x = 2,0$ m)	x ($\Delta x = 2,5$ m)	x ($\Delta x = 3,0$ m)	x ($\Delta x = 4,0$ m)	x ($\Delta x = 5$ m)	x ($\Delta x = 6$ m)	x ($\Delta x = 7$ m)	x ($\Delta x = 8$ m)
2	1,8384	0,0314	1,34	0,84	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	4,1364	0,0706	3,64	3,14	2,64	2,14	1,64	1,14	0,14	-	-	-	-
5	4,5960	0,0784	4,10	3,60	3,10	2,60	2,10	1,60	0,60	-	-	-	-
7	6,4344	0,1098	5,93	5,43	4,93	4,43	3,93	3,43	2,43	1,43	0,43	-	-
8	7,3536	0,1255	6,85	6,35	5,85	5,35	4,85	4,35	3,35	2,35	1,35	0,35	-
8,45	7,7672	0,1326	7,27	6,77	6,27	5,77	5,27	4,77	3,77	2,77	1,77	0,77	-
9,45	8,6865	0,1482	8,19	7,69	7,19	6,69	6,19	5,69	4,69	3,69	2,69	1,69	0,69
H (m)	B	So	S ($\Delta x = 0,5$ m)	S ($\Delta x = 1,0$ m)	S ($\Delta x = 1,5$ m)	S ($\Delta x = 2,0$ m)	S ($\Delta x = 2,5$ m)	S ($\Delta x = 3,0$ m)	S ($\Delta x = 4,0$ m)	S ($\Delta x = 5$ m)	S ($\Delta x = 6$ m)	S ($\Delta x = 7$ m)	S ($\Delta x = 8$ m)
2	1,8384	0,0314	0,02	6,66	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,5	4,1364	0,0706	55,65	41,40	29,25	19,21	11,27	5,43	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
5	4,5960	0,0784	63,54	48,98	36,30	25,53	16,64	9,65	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00
7	6,4344	0,1098	95,28	79,90	65,87	53,20	41,88	31,91	16,03	5,57	0,51	0,00	0,00
8	7,3536	0,1255	111,19	95,56	81,11	67,85	55,77	44,87	26,62	13,11	4,34	0,30	0,00
8,45	7,7672	0,1326	118,36	102,63	88,03	74,54	62,18	50,93	31,81	17,16	7,00	1,32	0,00
9,45	8,6865	0,1482	134,30	118,40	103,50	89,60	76,70	64,80	44,01	27,23	14,46	5,70	0,94

E.2 DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS

O'Rourke (1981)			
Fase	Topo	Abaulamento	Profundidade abaulamento
Escavação inicial	20 mm	-	-
Escavação 20 m + Escoramento	10 mm	20 mm	15 m
Remoção do escoramento	30 mm	25 mm	15 m

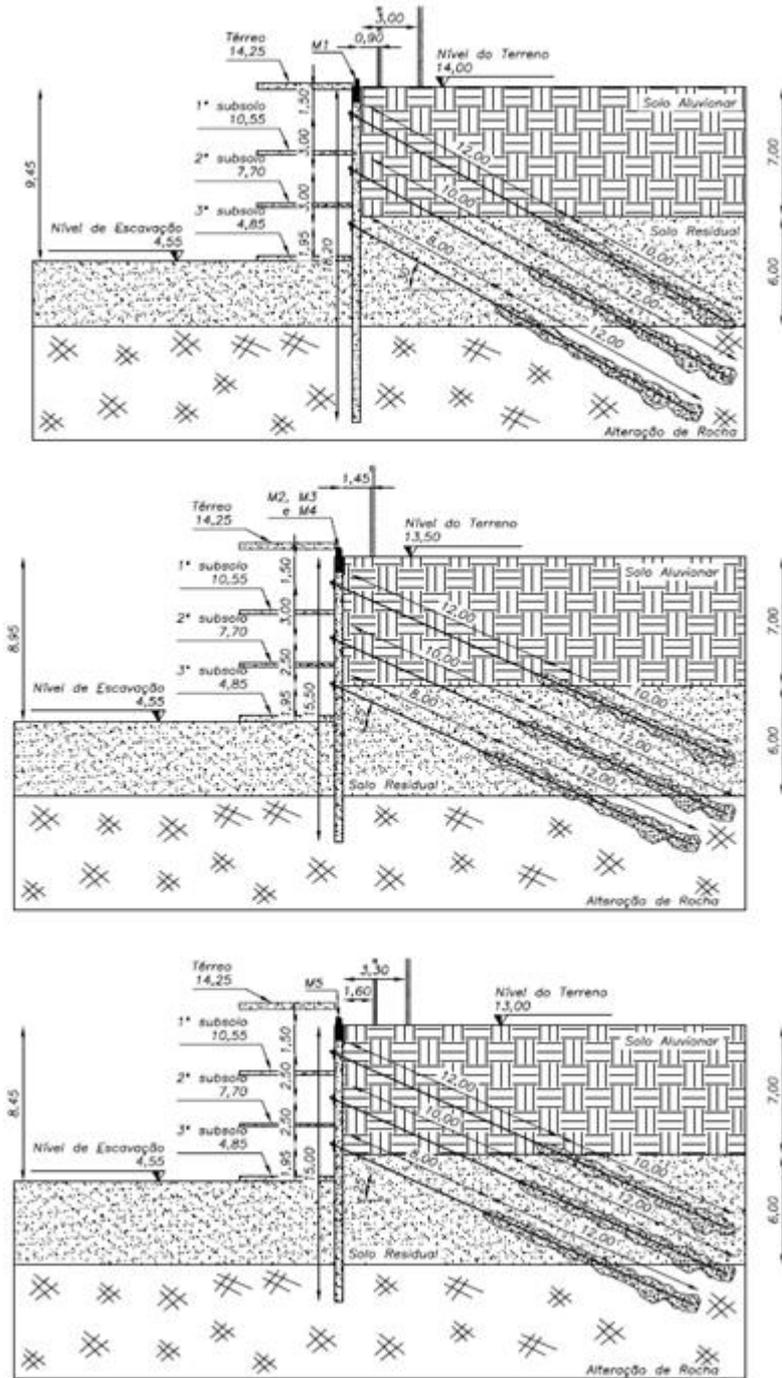
Ranzini e Negro (1998)		
Construção mediana		
H (m)	δ_{\min} (mm)	δ_{\max} (mm)
2	3,8	10
4,5	8,55	22,5
5	9,5	25
7	13,3	35
7,5	14,25	37,5
8	15,2	40
8,45	16,055	42,25
8,95	17,005	44,75
9,45	17,955	47,25

BUDGE-REID (1990)			
x (m)	Dw (m)	x/Dw	δ (mm)
3	18,2	0,164835	40
3	15,4	0,194805	40
1,45	15,5	0,093548	50
2,05	11,2	0,183036	40
3,3	15	0,22	38
2,05	14,2	0,144366	40
0,5	16	0,03125	60
0	-	0	60

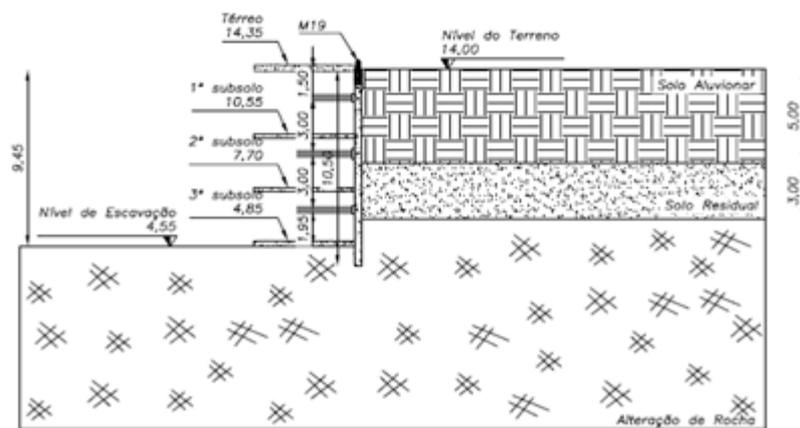
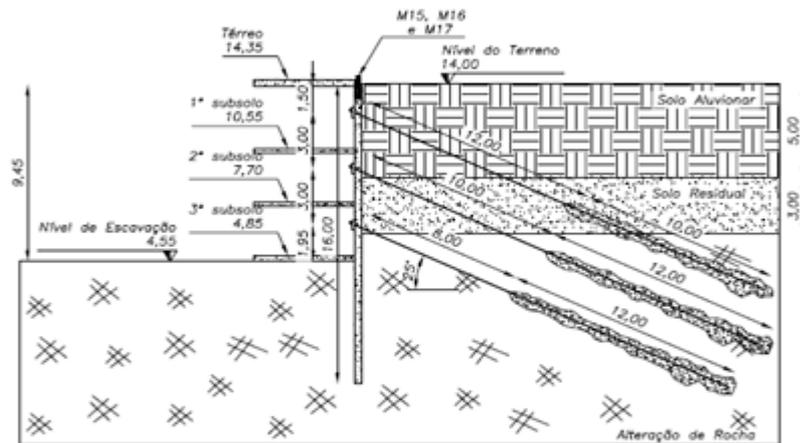
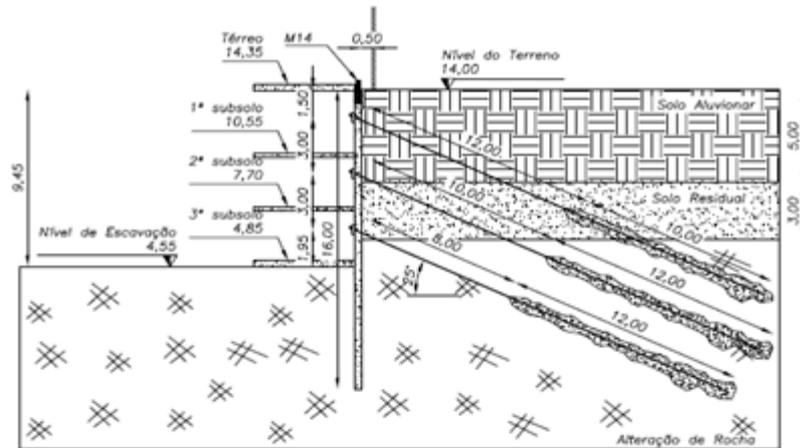
Budge-Reid (1990)															
H (m)	x (m)							δ (mm)							
	3	3,3	1,45	2,05	2,05	0,5	0	x=3/Dw=18,2	x=3/Dw=15,4	x=3,3/Dw=15	x=1,45/Dw=15,5	x=2,05/Dw=11,2	x=2,05/Dw=14,2	x=0,5/Dw=16	x=0
2	1,50	1,65	0,73	1,03	1,03	0,25	0	7,5	7,5	9,94	12,5	10	10	15	15
4,5	0,67	0,73	0,32	0,46	0,46	0,11	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
5	0,60	0,66	0,29	0,41	0,41	0,10	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
7	0,43	0,47	0,21	0,29	0,29	0,07	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
7,5	0,40	0,44	0,19	0,27	0,27	0,07	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
8	0,38	0,41	0,18	0,26	0,26	0,06	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
8,45	0,36	0,39	0,17	0,24	0,24	0,06	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
8,95	0,34	0,37	0,16	0,23	0,23	0,06	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15
9,45	0,32	0,35	0,15	0,22	0,22	0,05	0	10	10	9,5	12,5	10	10	15	15

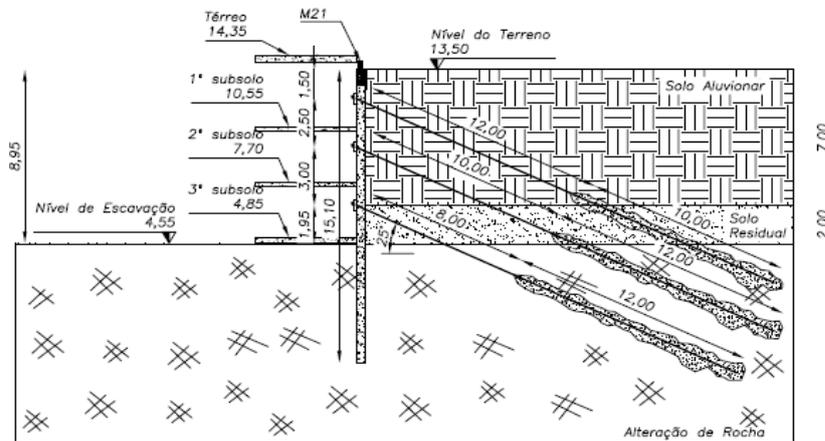
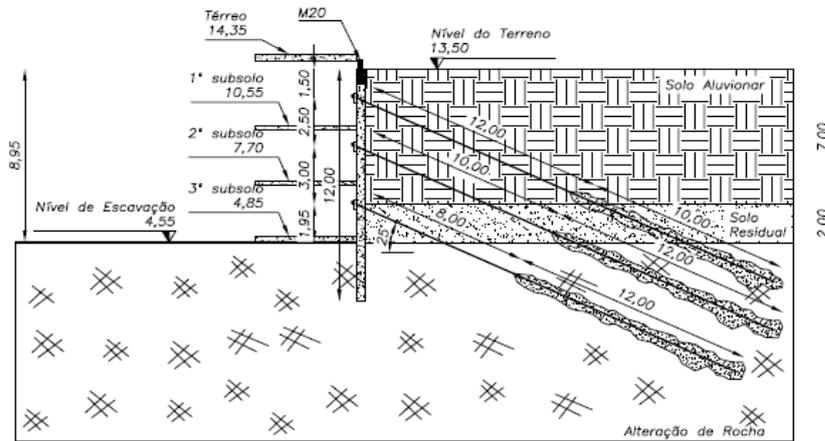
APÊNDICE F – Seções tipo dos pontos de controle

F.1 PAINEL 1



F.2 PAINEL 4





F.3 PAINEL 6

