

6. Instrumentação Geotécnica

O comportamento de aterros construídos sobre depósitos de solos muito moles, especialmente quando estes depósitos se mostram heterogêneos, no que diz respeito às características do solo e ao perfil estratigráfico, deve, essencialmente, ser acompanhado no campo. Este acompanhamento é realizado por meio de instrumentos geotécnicos previamente instalados na obra. Com base nos dados obtidos da instrumentação geotécnica, reavaliações de projeto, tal como alterações na velocidade de aplicação dos carregamentos, são comumente realizadas.

Por outro lado, a partir da análise dos dados obtidos da instrumentação, é possível também se estabelecer, com base no comportamento real de campo, parâmetros que caracterizam as propriedades dos solos de fundações e que controlam a evolução dos recalques do aterro.

O monitoramento do comportamento do aterro construído sobre o depósito de solos moles da Barra da Tijuca foi então realizado por meio de uma vasta gama de instrumentos geotécnicos instalados tanto no corpo do aterro como no solo de fundação do mesmo. Com a instalação dos instrumentos (típicos para este tipo de obra) foi possível se obter informações sobre os deslocamentos verticais e horizontais e dos excessos de poro-pressões gerados no solo de fundação. As posições de implantação dos instrumentos foram apresentadas no capítulo 3.

A grande quantidade de dados gerada a partir da instrumentação geotécnica (principalmente das placas de recalques), em aproximadamente um ano de acompanhamento da obra, foi inicialmente selecionada para ser apresentada neste trabalho. Neste caso, restringiu-se o trabalho aos dados daqueles instrumentos instalados na seção da estaca 62+10 (ou próximo dela). Obviamente, esta foi a seção selecionada para, no que se refere aos recalques, ser avaliada no capítulo 8 com o emprego de uma ferramenta numérica.

Na estaca 62+10, dentro da área da EMI-62, mais especificamente na projeção da base do aterro, foram instalados piezômetros, aranhas magnéticas, placa de recalque e medidor de nível d'água. Dois inclinômetros (IN-01 e IN-02) foram instalados com cerca de 15 e 36 m de distância do eixo da plataforma do aterro, que, ao final da obra, possuía aproximados 16 m de largura.

Medidas do alteamento do aterro não foram realizadas na seção 62+10 (na projeção do aterro) e, por isso, os dados obtidos a partir da placa de recalque instalada nesta posição foram utilizados de forma restrita. Assim sendo, tanto a avaliação do alteamento como dos recalques do aterro, na posição em que foi instalada a EMI-62, foi realizada com base nos dados referentes à outra placa de recalque, instalada nas proximidades da seção. Com esta finalidade os dados da PR-21 foram levados em consideração e serão apresentados neste capítulo.

Os dados registrados nos instrumentos, a descrição das características dos mesmos, a descrição de como os dados são registrados e a uma avaliação qualitativa direta dos registros serão realizadas nos itens seguintes. No capítulo 7, junto com as interpretações e análises dos ensaios de laboratório e campo, serão também feitas as interpretações cabíveis dos dados da instrumentação. Conforme mencionado, no capítulo 8, os dados reais da obra (instrumentação) serão utilizados em uma comparação direta com os dados obtidos por uma previsão numérica do comportamento de campo – uma previsão do tipo C1 segundo Lambe (1973).

A Geoprojetos foi a empresa responsável pela instalação dos instrumentos geotécnicos e pelo acompanhamento e avaliação dos dados provenientes dos mesmos.

6.1. Placas de Recalque e Controle do Alteamento do Aterro

O acompanhamento dos recalques ocorridos no campo, concomitantemente com o controle do alteamento do aterro, foi realizado em aproximadamente 69 pontos, que cobrem toda a área do aterro e adjacências. Mais especificamente, este acompanhamento foi realizado nos pontos onde foram instaladas as placas de recalque (capítulo 3).

Estas placas de recalque consistem em placas retangulares (50 x 50 x 2) cm³, constituídas de material rochoso, com um orifício central roscado, no qual se enrosca um tubo de PVC, com 1 m de comprimento (inicial). As placas foram geralmente instaladas na superfície do solo mole (base do aterro de conquista) e, à medida que o aterro era alteado, novos segmentos (1 m) de tubos eram conectados ao primeiro. Uma prática recomendável, conforme recomendado por Sandroni (2009), é a alternância das cores dos segmentos dos tubos, pois, neste caso, consegue-se ter uma orientação da altura do aterro no campo.

O nível altimétrico do topo do tubo de PVC era tomado como referência para determinação do recalque e da altura do aterro. Este nível era determinado com o auxílio de um teodolito. A diferença, em relação ao nível da leitura inicial, possibilitava se determinar os movimentos verticais do aterro e, em relação á superfície do terreno, se determinar a espessura do aterro. Detalhes das placas de recalque, antes da instalação e depois de instaladas, são mostrados respectivamente nas figuras 6.1 (a) e (b).



(a) montada, antes da instalação –apenas o 1º segmento de tubo



(b) após a instalação, com o 2º tubo conectado

Figura 6.1 – Detalhes da placa de recalque.

Dentre todos os registros realizados, apenas aqueles relativos ao da placa de recalque 21 – PR-21 – serão apresentados. Neste caso, na escolha pela apresentação destes registros, levou-se em consideração o tempo adequado de

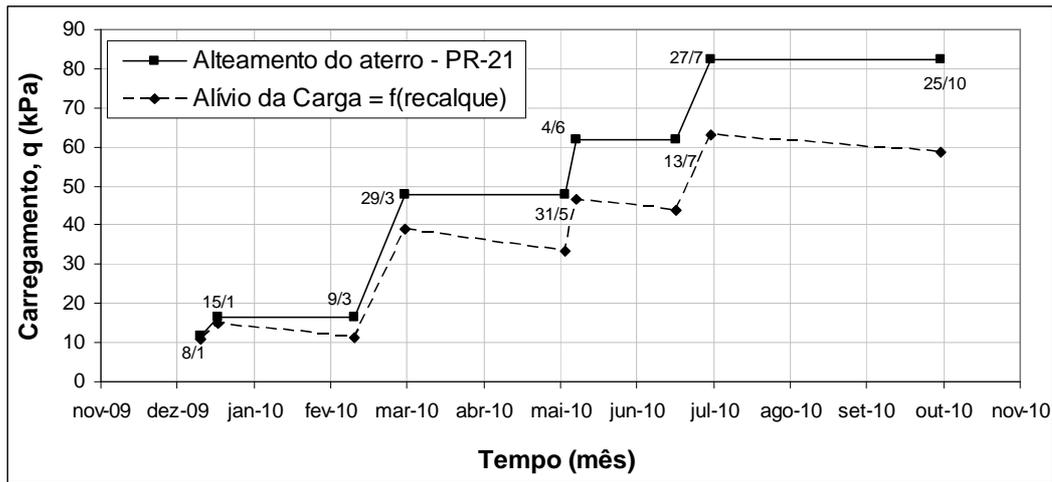
observação do instrumento, a maior altura do aterro no ponto de instalação do instrumento e a proximidade do instrumento em relação à estaca 62+10, que terá o comportamento avaliado no capítulo 8.

A PR-21 foi implantada na estaca 63+10, aproximadamente a 34 m de distância do eixo de referência da obra, na projeção da porção central do aterro. É importante ressaltar que os recalques observados nesta placa são semelhantes àqueles observados na PR-62 (EMI-62). Conforme mostrado no perfil geológico-geotécnico apresentado no capítulo 3, a espessura da camada de solos moles em ambas as estacas (Est. 62+10 e Est. 63+10) é a aproximadamente a mesma. No que se refere ao teor de umidade, no capítulo 4, foi apresentado um gráfico (figura 4.1) que indica uma homogeneidade do solo de fundação entre as estacas 62+00 e 65+00.

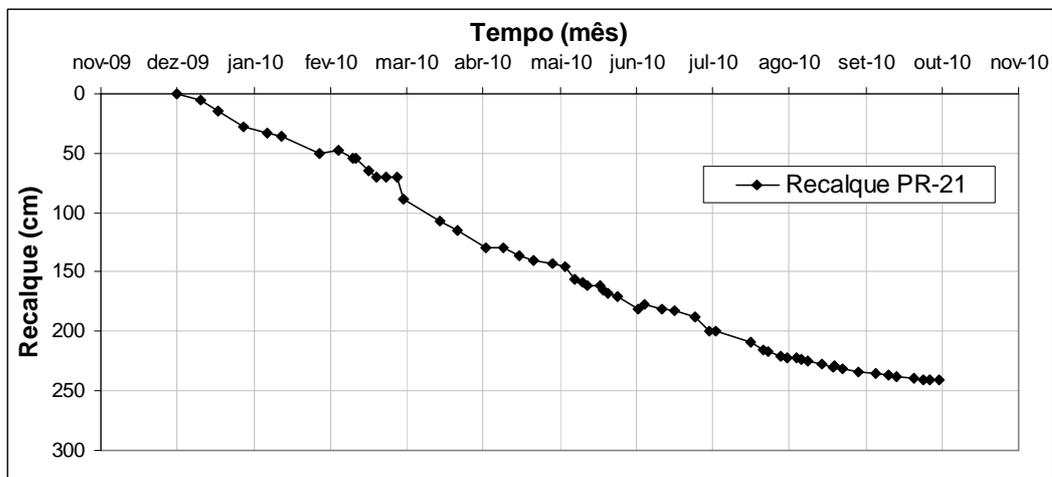
Na figura 6.2, está apresentada a sequência executiva do aterro para o local de implantação da PR-21. Estão apresentadas respectivamente nas figuras 6.2 (a) e (b) as evoluções do alteamento do aterro e os recalques ao longo do tempo (10 meses). Quanto ao alteamento do aterro, os registros foram apresentados na forma da sobrecarga imposta pelos mesmos à superfície de solos moles.

Relativas ao alteamento [figura 6.2 (a)], podem ser vistas duas curvas. A superior se refere às tensões totais impostas pelo aterro ao subsolo, mais especificamente no ponto central da base do aterro. A diferença entre as duas curvas se refere ao alívio de tensões decorrentes da submersão do aterro, que ocorria na medida em que os recalques evoluíam. Intuitivamente, nota-se que a curva inferior se refere às tensões efetivamente aplicadas ao solo. Pode ser verificado na figura que o alívio de tensões é da ordem de 20 kPa. No caso, os recalques foram da ordem de 2,4 m. Deve-se citar que o peso específico médio do solo do aterro era de $18,5 \text{ kN/m}^3$ e que, no local de instalação da PR-21, a altura do aterro foi de cerca 4,5 m.

Um aspecto implícito, mas que deve ser notado nas figuras 6.2 (a) e (b), é relativo às altas proporções entre os valores dos recalques ocorridos e a altura do aterro em uma mesma data. Neste caso, pode ser verificado, por exemplo, que, nas datas finais do tempo de espera entre carregamentos, esta proporção variou entre 54 e 61%.



(a) Dados do alteamento do Aterro



(b) Recalques ao longo do tempo

Figura 6.2 – Seqüência executiva do aterro - placa de recalque: PR-21.

Outro aspecto que deve ser notado [figura 6.2 (a)] é relativo ao valor da sobrecarga imposta pelo aterro no solo de fundação. Neste caso, verifica-se que 60 kPa se refere ao valor máximo aproximado. Na construção de um aterro em faixa, como neste caso, as tensões impostas ao subsolo se reduzem à medida que se afasta da linha de centro do aterro e que as profundidades se elevam.

Em relação à velocidade de carregamentos, pode ser verificado que o aterro foi alteado em etapas, conforme relatado no capítulo 3. Posteriormente à implantação do aterro de conquista, com cerca de até 0,9 m ($\approx 16,5 \text{ kN/m}^2$), o aterro, na região da PR-21, foi alteado em mais três etapas. As datas de início e término dos carregamentos foram mostradas nas curvas referentes às tensões totais. É importante notar que tanto o incremento imposto de carga como o tempo de espera entre carregamentos consecutivos não foi constante.

Na figura 6.2 (a), pode ser verificado que, na primeira etapa de alteamento, foi imposta uma carga mais elevada do que nas outras duas etapas. Como na primeira etapa a possibilidade de ocorrência de rupturas é maior, pois, além de não terem ocorrido ganhos significativos nas baixas resistências dos solos moles de fundação, esta se encontra sob a ação das maiores sobrecargas, considerando etapas com até a mesma espessura de aterro, esta situação pode causar estranheza. Contudo, o que ocorreu na realidade foi uma antecipação, com base nos resultados da instrumentação, da implantação de parte do carregamento previsto para a 2ª etapa, que era da mesma ordem de grandeza do carregamento da primeira etapa.

6.2. Piezômetros

Os excessos de poro-pressão gerados na aplicação da sobrecarga (aterro), assim como a dissipação destes excessos com o tempo, foram acompanhados em piezômetros do tipo Casagrande. É importante mencionar que, como referência do nível freático, para determinação dos excessos de poro-pressão, os dados registrados nos medidores de nível d'água foram levados em consideração.

Os piezômetros do tipo Casagrande consistem em conjuntos formados por um elemento poroso (bulbo) e um tubo de PVC (1" de diâmetro), que possui uma das extremidades perfuradas (furos com 6 mm de diâmetro e que cobrem ao menos 10 % da área da extremidade perfurada do tubo).

Os tubos de PVC foram instalados em furos (4" de diâmetro) de sondagem previamente executados até profundidades maiores que aquelas para as quais se desejava verificar os excessos de poro-pressão. Para evitar a entrada de solo no tubo, este era tamponado na extremidade (perfurada) enterrada e, sobre a área perfurada, o mesmo era envolto por duas camadas de tela de nylon, com abertura inferior ao diâmetro equivalente de um grão da areia fina. Detalhes dos tubos piezométricos podem ser vistos na figura 6.3.

No interior dos tubos, o nível piezométrico (elevação do nível d'água) foi determinado com auxílio de um cabo coaxial, graduado a cada metro, que possui na extremidade um sensor, constituído por dois eletrodos dispostos concentricamente e isolados eletricamente entre si, que, em contato com a água, emite um sinal sonoro.

O espaço formado entre as paredes do tubo e do furo foi preenchido, em sua base, ao redor da área perfurada do tubo, com areia fina limpa, e formava assim um bulbo com 60 cm de comprimento. Acima deste bulbo de areia, com o objetivo de garantir a correta determinação da carga piezométrica no ponto de interesse, o furo foi selado com bentonita. Este selo evita a possível ocorrência de percolação preferencial ao longo da parede externa do tubo (espaço formado entre as paredes do tubo e do furo).



(a)



(b)

Figura 6.3 – Detalhes dos tubos piezométricos.

Na EMI-62, foram instalados os piezômetros PZ-02 e PZ-03. Conforme indicado na figura 3.9, estes piezômetros foram instalados respectivamente a 12 e a 1,5 m de profundidade. Os registros dos excessos de poro-pressão (u_e), ao longo do tempo, medidos nestes 2 piezômetros, estão apresentados conjuntamente na figura 6.4. Junto desses registros, estão também mostrados aqueles referentes ao alteamento do aterro. Neste caso, eles se referem ao local de instalação da PR-21, que não foram implantadas na EMI-62, conforme descrito no item 6.1.

Pode ser verificado (figura 6.4) que, quanto aos valores dos excessos de poro-pressão registrados, aqueles referentes ao piezômetro PZ-02 mostraram-se relativamente baixos e aproximadamente constantes ao longo de todo o tempo.

Neste caso, em nenhum momento as pressões ultrapassaram valores da ordem de 10 kPa.

Quanto aos registros do piezômetro PZ-03, observou-se a elevação acentuada nos valores de u_e – cerca de 20 kPa – após a primeira etapa de carregamento, muito embora este excesso tenha se dissipado rapidamente (cerca de um mês). Após as segunda e terceira etapas de carregamento, nova elevação nos valores de u_e foi registrada, contudo menos expressiva – da ordem de 10 kPa. Estes excessos foram também dissipados em cerca de um mês após o término do respectivo carregamento. Neste caso, é importante notar que os valores de u_e são levemente inferiores, porém condizentes com o carregamento aplicado na superfície.

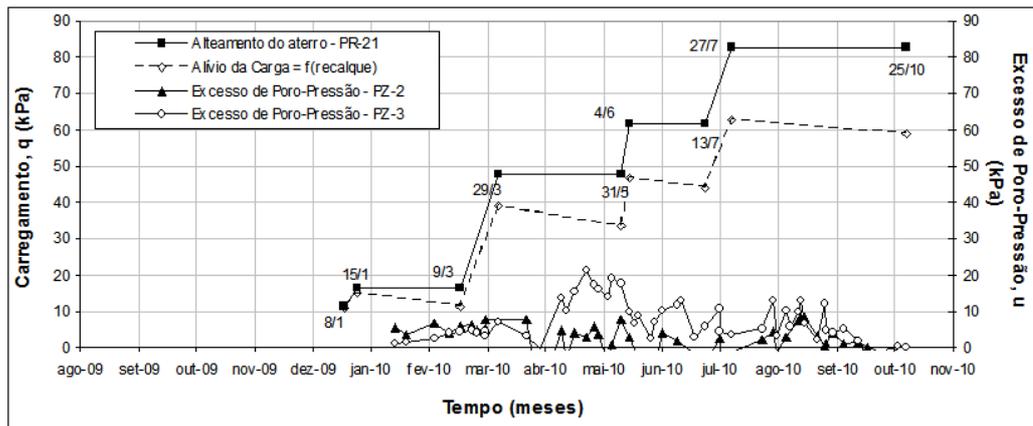


Figura 6.4 – Registros dos excessos de poro-pressão nos piezômetros de Casagrande.

Quando se comparam os registros dos excessos de poro-pressão dos dois piezômetros, nota-se que eles mostraram valores da mesma ordem de grandeza, até ser observada a elevação acentuada daqueles medidos no piezômetro PZ-03. A partir deste ponto, os valores observados neste piezômetro (PZ-03) foram sempre maiores que os observados no piezômetro PZ-02, muito embora em pouco menos de um mês a diferença tenha reduzido significativamente. Estes registros indicam, a princípio, que apenas o piezômetro PZ-03 está respondendo ao carregamento aplicado.

Os baixos valores de u_e , registrados em boa parte do tempo, principalmente no piezômetro PZ-02, assim como a rápida dissipação destes excessos, quando eles se mostraram significativamente (PZ-03) mais altos, não refletem o

comportamento não drenado esperado para solos de baixa permeabilidade, sob carregamento (aterro). Neste caso, alguns aspectos das condições de carregamento devem ser explicitados.

O primeiro destes aspectos é relacionado à sobrecarga, mais especificamente relativo à forma de sua aplicação. Conforme mostrado na figura 3.10 (b), o aterro foi construído em faixa, com largura média de aproximadamente 18 m, que é da mesma ordem de grandeza da espessura (17 m) da camada de solos moles, no ponto de instalação dos piezômetros, cujos dados estão em análise. Neste caso, as tensões induzidas pelo carregamento no subsolo não podem ser consideradas constantes ao longo da profundidade e, conseqüentemente, os excessos de poro-pressão gerados também não. Além disto, de acordo com o descrito no item 3.5, os piezômetros foram instalados em verticais próximas ao bordo do aterro, posição onde, relativamente ao eixo, as tensões induzidas e, conseqüentemente, as poro-pressões geradas se reduzem.

Assim sendo, eram de se esperar tensões induzidas na fundação mais baixas do que as que seriam induzidas por um carregamento superficial uniforme (exceto no eixo e base do aterro) e registros de poro-pressão também mais baixos para o piezômetro instalado em maior profundidade. Neste caso, pode-se dizer que os registros dos piezômetros foram coerentes com o tipo de carregamento aplicado.

Outro aspecto é relativo ao método construtivo, mais especificamente relacionado ao emprego de drenos verticais aceleradores de recalque. Com a utilização destes drenos, se reduz o caminho de drenagem e, conseqüentemente, o tempo de adensamento, que é proporcional ao quadrado da distância deste caminho. Conforme descritos no capítulo 3, os drenos foram instalados respeitando-se uma distância horizontal de 1,44 m entre si. Neste caso, é de se esperar que a dissipação dos excessos de poro-pressão, gerados pela aplicação do carregamento, seja relevantemente mais rápida. Ressalta-se que a anisotropia de permeabilidade ($k_h/k_v > 1$), normalmente observada em depósitos de solos moles, favorece a drenagem horizontal e, conseqüentemente, aumentam ainda mais a velocidade de dissipação dos excessos de poro-pressão.

Assim sendo, era de se esperar uma rápida dissipação destes excessos, conforme observado, por exemplo, no piezômetro PZ-03. A partir da observação

dessa rápida dissipação de u_e e desconsiderando qualquer tipo de interferência nos registros das poro-pressões, seria possível cogitar então que os recalques medidos na maior parte do tempo, conforme mostrado na figuras 6.2 (b), se referem principalmente à componente secundária do mesmo.

Contudo, não se pode deixar de avaliar a ocorrência de possíveis interferências nos registros dos piezômetros. Deve ser reconhecido, por exemplo, que manter a verticalidade dos drenos era uma tarefa difícil. Mesmo depois de implantado o aterro de conquista, persistia a instabilidade do terreno, que não se apresentava em uma condição ideal para o tráfego das máquinas cravadoras de drenos (peso elevado). Estas máquinas não se movimentavam de forma bem-proporcionada. Foi mostrada na figura 3.12, uma dessas máquinas, com torres de grande altura (≈ 20 m), inclinada sobre o terreno nessas condições. Neste caso, a distância máxima entre drenos e piezômetros – cerca de 0,75 m medido na superfície – pode ser ainda menor em profundidade e, quanto menor for esta distância, menor é o valor da poro-pressão registrada. Ressalta-se que, para uma inclinação, em relação a vertical, de 4° da torre, o piezômetro inferior (pior situação) estaria encostado no dreno e, conseqüentemente, as medidas de u_e seriam aproximadamente nulas, condizentes com as que se espera para os drenos.

Outra possível interferência é causada pelos grandes recalques observados no depósito. Neste caso, os drenos, inicialmente estirados, se dobram na medida que os recalques ocorrem e se aproximam dos piezômetros. Desta forma, como no caso da possível não verticalidade dos drenos, as medidas de u_e seriam tão menores quanto menores forem a distância entre drenos e piezômetros. Por outro lado, diferentemente do primeiro caso, o problema é mais acentuado para o piezômetro PZ-03 (superior), que se localiza em um horizonte mais superficial, onde se esperam os maiores recalques.

Assim sendo, diante da possibilidade de ocorrerem tais interferências, que são mais relevantes para depósitos muito espessos e com a presença de solos muito deformáveis e instáveis superficialmente (características comuns de depósitos da Barra da Tijuca), quanto maior o espaçamento entre drenos aceleradores de recalques, maior a confiança dos registros.

Contudo, o acompanhamento de obras com piezômetros, em tais situações, não está sendo desencorajada. Bedeschi (2004), por exemplo, em uma obra instrumentada de um aterro sobre um depósito de solos moles (8 m de espessura), localizado em uma área adjacente à área do depósito em estudo, obteve dados piezométricos, que o permitiram fazer uma avaliação do coeficiente de adensamento do solo. Nesse depósito, o espaçamento entre drenos aceleradores de recalque também era da ordem de 1,5 m.

6.3. Sensores Magnéticos ou Aranhas Magnéticas

O acompanhamento de recalques em profundidade possibilita, além da definição direta das camadas de fundação que controlam os recalques do aterro, quantificar no campo (em conjunto com ensaios de permeabilidade) os parâmetros do solo, tal como c_v , que controlam a evolução destes recalques.

Em profundidade, os deslocamentos verticais são quantificados a partir da instalação de sensores magnéticos, que, devido à forma das hastes aparafusadas a eles, são conhecidos como aranhas magnéticas. Estes sensores magnéticos possuem a forma de um cilindro vazado. Eles são instalados em tubos guia de PVC, que por sua vez são instalados em furos de sondagem previamente executados.

Durante a instalação desses sensores, as hastes são fechadas e amarradas (laço) por um fio de plástico, o que permite se fazer o deslocamento do instrumento, pelo espaço entre as paredes do tubo guia e do furo, até a profundidade definida em projeto. Quando esta profundidade é atingida, o laço é solto e as hastes se abrem e fixam-se no solo mole adjacente. O acompanhamento dos deslocamentos é feito por meio de um torpedo, que, no interior do tubo guia, acusa a presença do sensor quando passa na profundidade em que este se encontra. Detalhes dos sensores magnéticos e da forma que são amarrados no momento da instalação foram apresentados respectivamente na figura 6.5 (a) e (b).

Na EMI-62, foram instaladas duas aranhas magnéticas – AR-01 e AR-02. Conforme indicado na figura 3.11, estas aranhas foram instaladas respectivamente a 12 e a 1,5 m de profundidade. Os registros dos deslocamentos ao longo do tempo destas aranhas podem ser vistos na figura 6.6.

Nesta mesma figura, também estão mostrados os registros dos recalques ocorridos no local de implantação da EMI-62. Neste caso, foram mostrados os registros da placa de recalque PR-62, instalada na base do aterro, no mesmo ponto em que foram instaladas as aranhas magnéticas.



(a) vista do instrumento com hastes abertas.



(b) detalhes da amarração das hastes

Figura 6.5 – Detalhes dos sensores magnéticos.

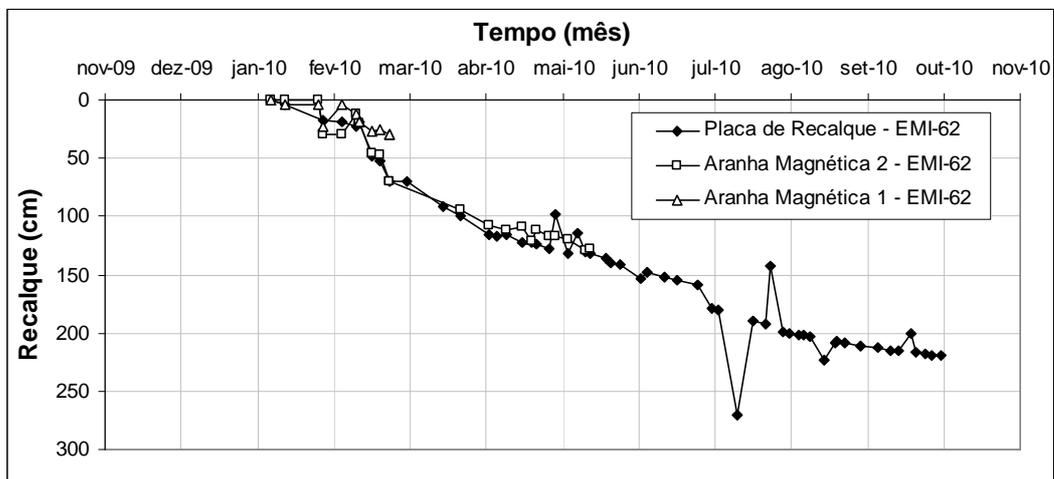


Figura 6.6 – Registros dos recalques na EMI-62.

Verifica-se (figura 6.6) que os registros dos recalques da aranha AR-01 se interromperam cerca de 1,5 mês após a instalação do instrumento. Assim sendo, estes registros não permitiram fazer qualquer tipo de avaliação do comportamento do subsolo. Vale a pena informar que, para se determinar a profundidade de

instalação do tubo guia, deve ser considerada a profundidade na qual o sensor deverá ser instalado, o recalque esperado para aquela profundidade e mais uma folga. Caso contrário, corre-se o risco de se perder o sensor pela extremidade inferior do tubo ou dele ficar preso no flange, que pode ser enroscado nesta extremidade. No caso da aranha AR-01, devido a erros ocorridos durante a instalação do tubo guia, acredita-se ter perdido o sensor.

Pode ser verificado também (figura 6.6) que as outras duas curvas, referentes à aranha AR-02 e à placa de recalque PR-62, se mantiveram bastantes próximas ao longo dos 4 meses de registros, com os deslocamentos levemente inferiores quando medidos na aranha magnética AR-02.

Neste caso, ressalta-se que a aranha magnética AR-02 foi instalada a apenas 1,5 m de profundidade e de distância da placa de recalque. A princípio, esta reduzida distância poderia ser uma justificativa para a ocorrência de deslocamentos semelhantes, contudo, a alta deformabilidade do solo, caracterizada pelos elevados (cerca de 1,4 m) recalques observados em 4 meses, não permite se fazer tal afirmação.

Recorre-se então aos resultados do piezocone, apresentados no item 5.1, que indicaram a presença de um solo caracterizado como drenado até cerca de 0,8 m de profundidade. Neste caso, uma camada de apenas 0,7 m de solo muito mole foi identificada entre a placa de recalque PR-62 e a aranha magnética AR-02 e, assim sendo, a pequena diferença entre os recalques observados nos dois instrumentos são mais facilmente explicados. Vale ressaltar também que o início dos registros apresentados se deu depois da implantação do aterro de conquista, período no qual provavelmente ocorreram os recalques mais relevantes da camada de drenante (até 0,8 m de profundidade).

6.4. Inclinômetros

A instrumentação de depósitos de solos moles com “inclinômetros” permite quantificar possíveis movimentos sub-horizontais, que por sua vez permitem avaliar aspectos relativos aos recalques do aterro, tais como os relacionados aos recalques iniciais (não drenados).

Na realidade, o inclinômetro é um equipamento, conhecido como torpedo, que é inserido em um tubo guia vertical (tubo inclinométrico) e que possibilita se fazer medidas dos desvios deste tubo guia, em relação a vertical, na ocorrência de movimentos horizontais. Este tubo guia é previamente instalado no interior de um furo de sondagem e deve ser necessariamente engastado em um horizonte inferior, relativamente indeformável.

No depósito de solos moles em estudo, foram instalados 4 tubos inclinométricos, mas conforme mencionado serão considerados apenas os registros realizados em 2 destes - IN.62-15 e IN.62-68 (IN-01 e IN-02, conforme mostrado na figura 3.7). Os tubos inclinométricos instalados foram projetados pela empresa Geoprojetos. Eles são constituídos de PVC, possuem encaixe do tipo macho-fêmea e são práticos de transportar, diferentemente dos convencionais em alumínio. Na figura 6.7, podem ser vistos detalhes destes tubos guias.



Figura 6.7 – Detalhes dos tubos inclinométricos - Geoprojetos.

Pode ser verificado, nesta figura, que o tubo possui apenas duas ranhuras, diametralmente opostas, que foram alinhadas perpendicularmente ao eixo do

aterro. É importante então citar que os torpedos atualmente possibilitam a realização de registros de movimentos na direção em que as ranhuras foram alinhadas e na direção perpendicular à mesma. Contudo, esta última costuma ser menos precisa.

Nas figuras 6.8 (a) e (b), foram mostrados os deslocamentos horizontais respectivamente registrados nos inclinômetros IN.62-15 e IN.62-68 (ou IN-01 e IN-02, conforme figura 3.7). Estes registros são referentes apenas aos deslocamentos ao longo do eixo perpendicular ao do aterro – Eixo A. Os sinais positivos indicam deslocamentos ocorridos no sentido oposto ao do aterro.

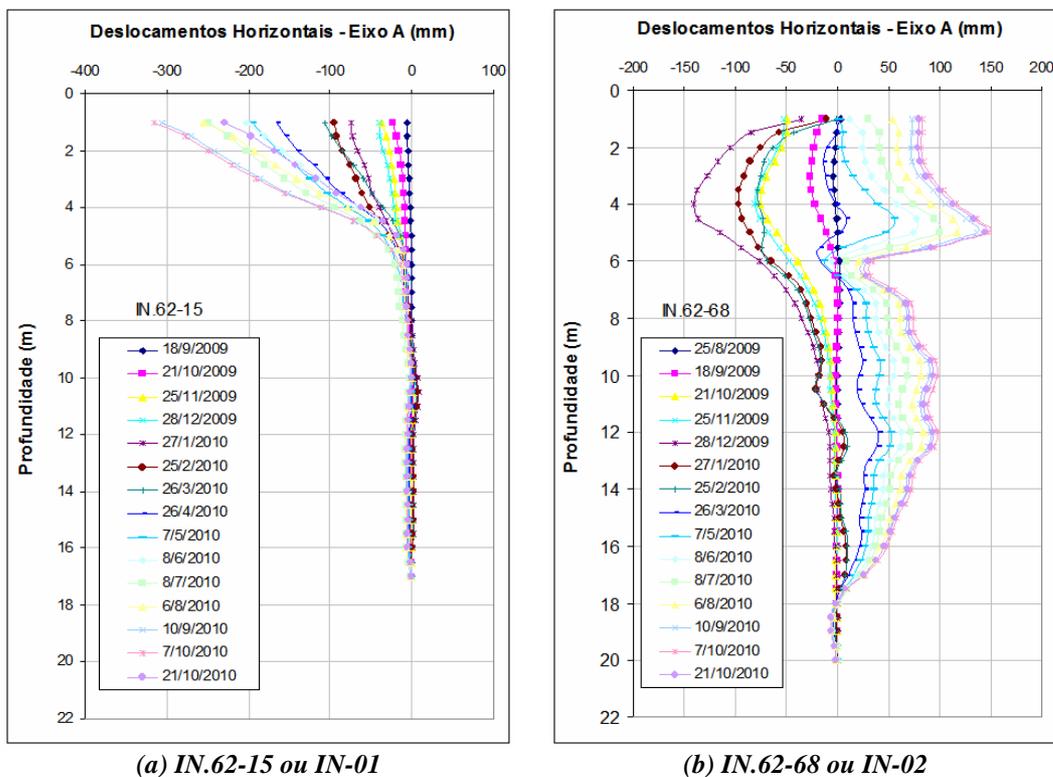


Figura 6.8 – Registros dos deslocamentos horizontais.

No caso do IN.62-15, instalado no lado direito do aterro, nota-se que os deslocamentos ocorreram até a profundidade aproximada de 6 m. No final de um ano, foram observados deslocamentos, a 1 m da superfície, de cerca de 30 cm, que se reduziram gradualmente com a profundidade. Os registros negativos indicam, contrariamente ao que se pode esperar, a ocorrência de deslocamentos no sentido do aterro. Estes deslocamentos podem ser explicados em parte pela assimetria da fundação, que favorecia os deslocamentos para apenas um sentido. Os registros

aproximadamente nulos, abaixo de 6 m, indicam a presença de um solo mais competente a partir desta profundidade.

No caso do IN.62-68, instalado no lado esquerdo do aterro, foram registrados deslocamentos ao longo de cerca de 17 m de profundidade, sendo os maiores valores registrados até cerca de 6 m, profundidade na qual se observa uma descontinuidade nos deslocamentos. Os deslocamentos se mostraram no sentido do aterro durante os 5 primeiros meses de registros e se inverteram após este período. Os deslocamentos aproximadamente nulos mostram que os inclinômetros foram engastados em um horizonte inferior mais competente acerca de 3 m abaixo da camada de solos moles – 20 m de profundidade.

É importante notar que, em relação à base do aterro, os inclinômetros IN.62-15 e IN.62-68 estavam afastados cerca de 4 m (lado direito) e 37 m (lado esquerdo), respectivamente. Neste último caso (IN.62-68), o grande afastamento em relação à base do aterro não permite associar os deslocamentos registrados ao alteamento do aterro principal. Estes deslocamentos são provavelmente decorrentes de sobrecargas impostas durante a movimentação de máquinas e de massas de solos nas redondezas de onde o instrumento estava instalado.

Um aspecto a ser notado na figura 6.8 (b) é o ponto de descontinuidade de deslocamento, situado próximo à marca de 6 m de profundidade, conforme citado anteriormente. Neste caso, observam-se movimentos horizontais relativamente inferiores aos ocorridos nas porções superiores e até mesmo inferiores do perfil. Este tipo de comportamento pode ser associado à presença de um solo relativamente menos deformável. Recorrendo mais uma vez aos ensaios de piezocone (item 5.1), nota-se que esta profundidade (6 m) é a mesma para qual foi identificado o início de uma camada com presença de um solo com características de drenado. Estas observações corroboram os resultados dos ensaios de laboratório com solos de amostras coletadas na proximidade deste horizonte. Assim sendo, estes resultados sugerem a presença de uma camada de solo contínua, por volta de 6 m de profundidade, com características bastante diferentes dos solos muito moles do depósito.