

Avaliação de Metodologia aplicada na Detecção de Recalque

Gabriella Alves Calvo ¹
Deivid Reis Viana ²
Prof. Dr. Luiz Guimarães Barbosa ³

^{1, 2, 3}UFRRJ – Departamento de Engenharia
23890-000 Seropédica RJ

¹gabriellacalvo@yahoo.com.br

²deivid.rviana@gmail.com

³luizgb@ufrj.br

Resumo: A necessidade de um controle sobre estruturas de edificações faz-se necessária devido a segurança exigida na construção das mesmas e a avaliação do recalque do solo e ainda no recalque exigido pela transferência de pressão destas edificações. Portanto, é importante o acompanhamento durante e após a construção, logo após a execução de sua fundação. Isto permite investigar o seu comportamento, baseado na previsão teórica dos limites admissíveis de deslocamento, a partir das medições de recalques na obra. Sendo assim, foi avaliada a metodologia na execução do levantamento em campo e no tratamento dos dados para obtenção da informação sobre o terreno para o correto diagnóstico do recalque do solo, em condomínio residencial no bairro Recreio dos Bandeirantes no município do Rio de Janeiro.

Palavras chaves: Controle de recalque da fundação; nivelamento geométrico; Medição de recalques.

Abstract: The need for control of building structures is necessary due to the construction of security required and the same evaluation of repression of the soil and still pumping pressure required for the transfer of these buildings. Therefore it is important to monitor during and after construction, after the execution of its foundation. This allows to investigate their behavior based on the theoretical prediction of the allowable limits of displacement, from the measurements of settlements in the work. Thus, the methodology was evaluated in the implementation of field survey and data processing for obtaining information on land for the correct diagnosis of consolidation of the soil in the residential neighborhood in Recreio dos Bandeirantes in Rio de Janeiro.

Keywords: Control of consolidation of the foundation; leveling; Measurement of consolidation.

1 Introdução

Alguns aspectos da elaboração de projetos estruturais e de fundações de edifícios são de difícil definição prévia quanto ao comportamento real ou verdadeiro, um destes assuntos trata do comportamento do solo quando sujeito à ação de cargas. Com isso, o controle da interação solo/estrutura sofrido em edificações é fundamental para a qualidade de execução de qualquer obra de grande porte. O controle de recalque de uma construção é a verificação do desempenho global da fundação ou conjunto de fundações, procedimento este, que permite a observação do comportamento da interação estrutura/solo do conjunto.

Embora de pouco emprego, ainda que de reconhecida importância no meio técnico, a utilização de uma boa avaliação de recalques permite avaliar a evolução de seus valores ao longo do tempo e também, verificar se ocorrem recalques diferenciais que possam comprometer o trabalho da estrutura, bem como orientar trabalhos de eventuais reforços das fundações (HACHICH, et al., 1998, p. 748).

Em meados de 2010 foram detectadas rachaduras nas edificações em fase de acabamento no condomínio residencial no bairro Recreio dos Bandeirantes - Rio de Janeiro, o que chamou a atenção do empreendedor. A partir daí foi feito um acompanhamento da evolução do recalque do solo, também durante a execução da obra.

É apresentada, neste trabalho, a metodologia que a empresa de topografia empregou para a determinação dos recalques sofridos, onde, através da técnica de nivelamento geométrico fez-se o acompanhamento da deformação de alguns pontos materializados próximos aos pilares de algumas residências. Em campo foi verificado pelo estagiário Deivid Reis Viana que o trabalho da referida empresa não foi realizado obedecendo as normas técnicas.

Diante do fato ocorrido este artigo tem como objetivo expor os cuidados que os profissionais da construção civil devem tomar quanto ao processo de avaliação de recalque do solo, desde a execução do nivelamento propriamente dito até o tratamento dos dados coletados em campo, para tomada de decisões relativas a existência do recalque.

2 Referencial Teórico

2.1 Recalque

Segundo a NBR 6122/96, recalque é o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Quando o movimento for ascendente, denomina-se levantamento. Convenciona-se representar o recalque com o sinal positivo.

2.2 Medição de Recalques

Nas obras em que as cargas mais importantes são verticais, a medição dos recalques constitui o recurso fundamental para a observação do comportamento da obra. Esta medição consiste na medição dos deslocamentos verticais de pontos da estrutura (pinos), normalmente localizados em pilares, em relação a um ponto fixo, denominado referência de nível (*bench-mark*). Esta referência de nível deve ser instalada de forma a não sofrer influência da própria obra ou outras causas que possam comprometer sua estabilidade. (DANZIGER, 2005, P44)

De acordo a NBR6122/1996, os relatórios de medições de recalques devem conter pelo menos os seguintes elementos:

- a) data da leitura;
- b) recalques parciais (entre duas leituras consecutivas) e totais (entre uma leitura qualquer e a primeira leitura), convencionando-se como positivo o deslocamento vertical para baixo;
- c) velocidade de recalque e aceleração no período entre duas leituras;
- d) descrição do estado de carregamento da obra;
- e) metodologia utilizada nas medidas, traçado do caminhamento, eventual erro de fechamento e sua compensação, menção de possíveis anormalidades constatadas e comentários a seu respeito.
- f) no primeiro relatório, deve ser apresentado o *bench-mark* em detalhe, inclusive a descrição geotécnica das camadas atravessadas e de apoio.

2.3 Nivelamento Geométrico pelo Método das Visadas Iguais

O método das visadas iguais é o mais preciso e de larga aplicação em engenharia. A instalação do nível é feita a igual distância das miras, para minimizar a influência da curvatura terrestre, da refração atmosférica e colimação do nível. É um processo bastante simples, onde o desnível será determinado pela diferença entre a leitura de ré e a de vante.

A necessidade de o nível ficar a igual distância entre as miras não implica necessariamente que o mesmo deva estar alinhado entre elas, pois mesmo nestas condições, mas mantendo a equidistância o desnível permanece o mesmo. (Veiga, Zanetti e Faggion, 2007, p140)

2.3.1 Conceitos importantes para o nívelamento geométrico

- Visada: leitura efetuada sobre a mira.
- Lance: é a medida direta do desnível entre duas miras verticais.
- Seção: é a medida do desnível entre duas referências de nível e é obtida pela soma algébrica dos desníveis do lance.
- Linha de nívelamento: é o conjunto das seções compreendidas entre duas referências de nível chamadas principais.
- Circuito de nívelamento: é a poligonal fechada constituída de várias linhas justapostas. Pontos nodais são as RN principais, às quais concorrem duas ou mais linhas de nívelamento.
 - Rede de nívelamento: é a malha formada por vários circuitos justapostos. (BRASIL, 1975).

3 Metodologia empregada pela empresa de topografia

3.1 Caracterização da área de estudo

O local alvo da análise localiza-se num condomínio residencial no bairro Recreio dos Bandeirantes - Rio de Janeiro, como pode-se verificar na figura 1. O referido condomínio possui uma área de 53.000m², com quatro ruas dispostas paralelamente, tendo 124 casas com área média de 200m² cada.

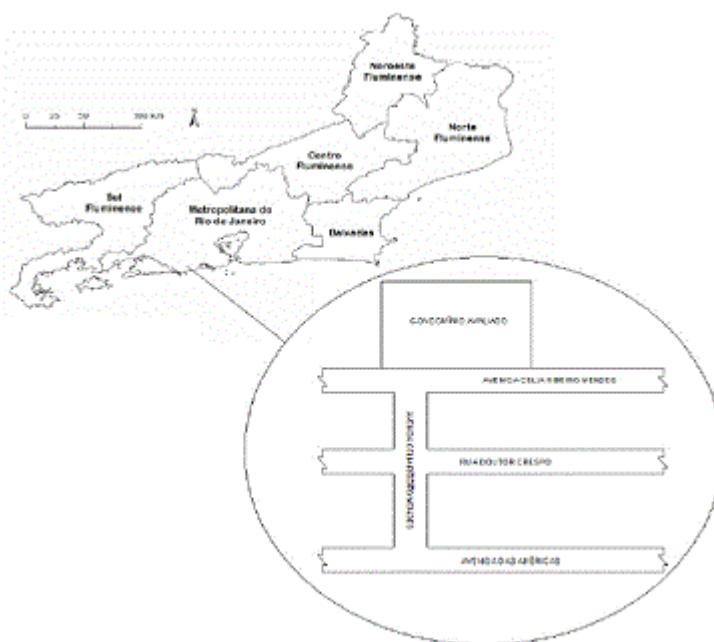


Figura 1 : Localização da área de estudo

3.2 Equipamentos utilizados

Foram utilizados os seguintes equipamentos, visando a determinação do recalque.

- Nível Digital automático LEICA, modelo Sprinter 250, precisão nominal de ± 1 mm por km duplo de nívelamento (ISO 17123-2);
- Mira de alumínio com código de barras de 4 metros de comprimento;
- Umbrela.

3.3 Planejamento e execução do trabalho

O roteiro adotado para o levantamento obedeceu as seguintes fases: planejamento, medições em campo, processamento dos dados, análise para a verificação de ocorrência de recalque.

3.3.1 Planejamento do levantamento

- primeiramente percorreu-se a área a ser levantada;
- de posse de uma planta, fornecida pela contratante, identificou-se os pontos de monitoramento e as RNs que estão representados na figura 2.
- com base na visita *in loco* e na planta definiu-se o grau de precisão e o método de levantamento a ser realizado.

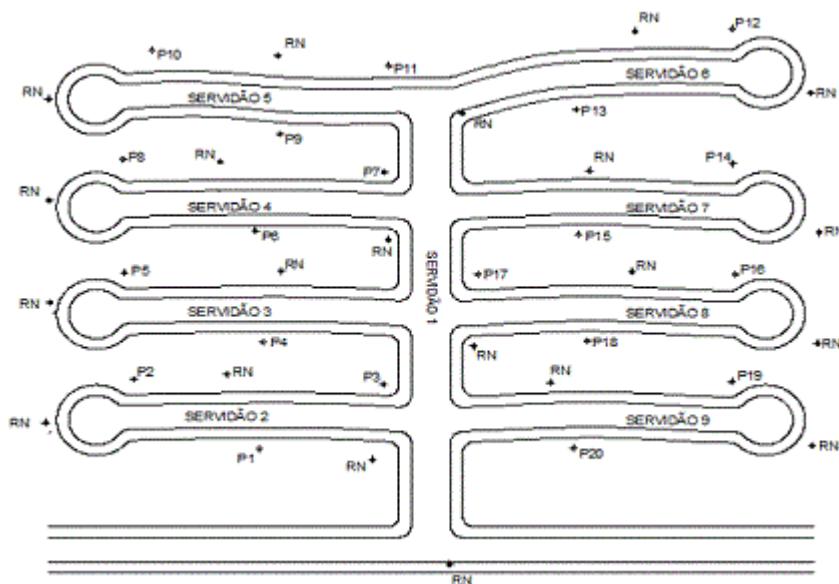


Figura 2 : Disposição espacial dos pontos a serem monitorados

3.3.2 Medição em campo

Foi realizado o levantamento altimétrico através do nivelamento geométrico para a determinação das cotas ou altitudes dos pontos levantados.

Foram identificados no campo os pontos de referência de nível que, segundo os responsáveis pelo empreendimento seguiu a NBR 13133/94, no que diz respeito ao transporte de RN na classe IN geométrico. Estes pontos foram implantados (pintados) em pilares existentes próximos as residências e aos marcos de medição pela contratante.

Os marcos de medição ou de monitoramento foram construídos em concreto de forma hexagonal com lado de 10 cm e 1 m de profundidade, instalado ao lado dos pilares das residências, distribuídos conforme a zona de interesse da avaliação, definida pelos responsáveis técnicos do empreendimento.

Após a implantação dos marcos de monitoramento foram realizadas as medições com nível ótico LEICA Sprinter 250, obedecendo apenas a precisão exigida no nivelamento geométrico da classe IN da NBR 13133/94. Todas as medições de campo foram registradas em cadernetas adequadas ao tipo de operação.

Para cada estação de nivelamento (Est), fez-se uma leitura de ré (Lre) sobre a mira colocada na RN, para calcular a altura do plano de visada do nível (Al). Na sequência, fizeram-se leituras de vante (Lv) sobre todos os pontos a levantar (P_i).

O levantamento em campo foi realizado semanalmente num período de 63 dias pela equipe de topografia.

3.3.3 Processamento dos dados levantados em campo

De posse do levantamento, realizou-se então o tratamento dos dados obtidos em campo, como segue:

a) Cálculo das cotas dos marcos de medição, através da equação:

$$\text{Cota } P_i = \text{Cota RN} + \text{Lre} - \text{Lv} \quad (1)$$

O processamento dos dados foi feito usando a planilha de cálculo do EXCEL, que permite organizar e automatizar os cálculos.

4 Metodologia Recomendada

4.1 Implantação das RNs e pontos de monitoramento

As referências de nível profundas (RNP) são pontos fixos e irrecalcáveis utilizados para o controle de recalques. O local da instalação da RNP deve ser escolhido em função dos pontos cujos recalques se deseja medir, de tal forma que seja necessário o menor número de piquetes auxiliares na leitura dos recalques. O local deve ser escolhido, também, em função do relatório de sondagem da área adjacente à obra e, de preferência, fora de áreas de trânsito de veículos ou obras em execução (PETROBRAS N1811/98).

Na avaliação de possíveis deslocamentos estruturais deve-se aplicar a normatização estabelecida pela NBR 6122/96.

A norma indica instalação dessas RNs em camadas que não se deslocam do solo para que possa eliminar sua movimentação por recalque.

Ainda a partir desta norma deve-se instalar pinos nas estruturas da edificação para avaliar os deslocamentos de pilares.

Esses pinos de recalque são pinos metálicos a serem chumbados em uma estrutura rígida permitindo observar os seus deslocamentos com equipamentos topográficos de alta precisão (NORMA DER PRO 381/98).

4.2 Medição em campo

Segundo a NBR 13133/94, as referências de nível, espaçadas de acordo com o terreno, área a ser levantada e condições peculiares da finalidade do levantamento, devem ser implantadas por meio de nivelamento geométrico duplo - nivelamento e contranivelamento - em horários distintos, em princípio, a partir de referências de nível do SGB. São recomendados cuidados usuais, a fim de serem evitadas a ocorrência e a propagação de erros sistemáticos, muito comuns nas operações de nivelamento geométrico, devendo para tanto ser consultados os manuais dos fabricantes dos níveis. Os comprimentos das visadas de ré e de vante devem ser aproximadamente iguais e de, no máximo, 80 m, sendo ideal o comprimento de 60 m, de modo a compensar os efeitos da curvatura terrestre e da refração atmosférica, além de melhorar a exatidão do levantamento por facilitar a leitura da mira. Para evitar os efeitos do fenômeno de reverberação, as visadas devem situar-se acima de 50 cm do solo.

As miras devem ser posicionadas aos pares, com alternância a vante e a ré, de modo que a mira posicionada no ponto de partida (lida a ré) seja posicionada, em seguida, no ponto de chegada (lida a vante), sendo conveniente que o número de lances seja par.

As miras, devidamente verticalizadas, devem ser constituídas de invar para evitar a dilatação superficial da escala, devem ainda ser apoiadas sobre chapas ou pinos e, no caminhamento, sobre sapatas, mas nunca diretamente sobre o solo, neste caso sobre pinos de recalque ou bench-mark. A qualidade dos trabalhos deve ser controlada através das diferenças entre o nivelamento e o contranivelamento, seção a seção, e acumulada na linha.

4.3 Tratamento dos dados

Em cada campanha as leituras efetuadas devem ser anotadas em caderneta de campo apropriada, no caso da utilização do nível ótico, e transcritas para as planilhas eletrônicas, ambos os níveis (óticos e digitais), para análise das séries de leituras de nivelamento e contranivelamento, e cálculo das diferenças de nível e cotas para cada ponto. Para a análise dos dados de campo deve-se determinar os seguintes parâmetros estatísticos relativos às diferenças de nível calculadas em cada campanha:

- Média das diferenças de nível;
- Desvio de cada diferença de nível em relação à média;
- Desvio padrão das diferenças de nível;
- Cotas calculadas e suas incertezas.

Os dados processados das campanhas devem ser organizados em forma de tabela para facilitar a análise do comportamento da estrutura monitorada, contendo os seguintes elementos:

- Data da realização e número de cada campanha;
- Dias entre campanhas consecutivas e acumuladas;
- Identificação e cotas dos pontos nivelados;
- Dados relativos ao tempo nas datas de medição;
- Recalque total e parcial;
- Velocidade de recalque total.

5 Resultados e discussão

5.1 Resultados do trabalho empregado pela empresa de topografia

Os cálculos efetuados e as análises dos dados apresentados a empresa contratante corresponde a série de medição contendo a primeira leitura de cada campanha. As tabelas 2 e 3 mostram o resultado da avaliação empregada.

Tabela 1 – Cotas e recalques dos pontos P1 ao P10 de todas as campanhas.

CAMPANHA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	2,412	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,873	2,802
2	2,412	2,349	2,340	2,312	2,310	2,580	2,568	2,741	2,873	2,802
3	2,412	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,873	2,802
4	2,412	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,873	2,802
5	2,412	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,746	2,873	2,802
6	2,412	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,873	2,802
7	2,412	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,873	2,802
8	2,409	2,349	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,870	2,802
9	2,406	2,346	2,340	2,312	2,311	2,580	2,568	2,744	2,870	2,802
10	2,407	2,345	2,340	2,304	2,310	2,580	2,568	2,744	2,874	2,802
RECALQUE	-0,005	- 0,004	0,000 0,008	- 0,008	- 0,001	0,000	0,000	0,000	- 0,009	0,000

Tabela 2 – Cotas e recalques dos pontos P11 ao P20 de todas as campanhas.

CAMPANHA	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
1	2,831	2,859	2,822	2,787	2,850	2,748	2,755	2,736	2,716	2,697
2	2,831	2,859	2,823	2,787	2,846	2,748	2,755	2,736	2,717	2,697
3	2,831	2,859	2,825	2,787	2,846	2,748	2,755	2,734	2,715	2,696
4	2,831	2,859	2,828	2,787	2,846	2,748	2,755	2,736	2,715	2,689
5	2,831	2,859	2,828	2,787	2,846	2,748	2,755	2,736	2,716	2,692
6	2,831	2,859	2,828	2,787	2,846	2,748	2,755	2,736	2,713	2,694
7	2,831	2,859	2,828	2,782	2,846	2,748	2,751	2,736	2,716	2,694
8	2,831	2,859	2,828	2,783	2,846	2,748	2,750	2,736	2,716	2,694
9	2,831	2,859	2,828	2,783	2,843	2,748	2,752	2,736	2,716	2,693
10	2,831	2,859	2,820	2,783	2,843	2,748	2,748	2,736	2,713	2,683
RECALQUE	0,000	0,000	- 0,002	- 0,004	- 0,007	0,000	- 0,007	0,000	- 0,003	-0,014

Observando as tabelas 1 e 2 verifica-se que os pontos P1, P2, P4, P5, P9, P13, P14, P15, P17, P19 e P20 apresentaram recalque.

5.2 Resultados da metodologia empregando três séries de medições

Diante da metodologia empregada pela empresa a única forma encontrada de se ter um controle das medidas foi executar séries de três medições. Com isso foi possível determinar a valor mais provável da cota e sua incerteza. Sendo agora possível verificar a existência do recalque com base nos limites mínimos e máximos da campanha inicial em relação a última campanha. Somente a partir desta avaliação podemos afirmar a existência do recalque com base estatística.

As cotas foram calculadas através da média e as incertezas (limites máximos e mínimos) foram calculadas com um nível de confiança de 95%.

Na tabela 3 é apresentado a existência do recalque e seu valor através da diferença entre o valor do limite máximo da última campanha e o valor do limite mínimo da primeira campanha. Essa diferença sendo negativa indica a existência do recalque.

Tabela 3 – Avaliação do recalque.

Ponto	Limite Mínimo da Primeira Campanha (m)	Limite Máximo da Última Campanha (m)	Diferença entre Limites ($L_{\text{máx}} - L_{\text{mín}}$) (m)	Recalque
P1	2,409	2,409	0,000	NÃO
P2	2,337	2,347	0,010	NÃO
P3	2,336	2,341	0,005	NÃO
P4	2,308	2,315	0,007	NÃO
P5	2,309	2,314	0,005	NÃO
P6	2,576	2,580	0,004	NÃO
P7	2,563	2,570	0,007	NÃO
P8	2,740	2,745	0,005	NÃO
P9	2,872	2,868	-0,004	SIM
P10	2,800	2,802	0,002	NÃO
P11	2,830	2,834	0,004	NÃO
P12	2,857	2,849	-0,008	SIM
P13	2,818	2,821	0,003	NÃO
P14	2,781	2,784	0,003	NÃO
P15	2,847	2,843	-0,004	SIM
P16	2,745	2,748	0,003	NÃO
P17	2,752	2,752	0,000	NÃO
P18	2,734	2,738	0,004	NÃO
P19	2,709	2,715	0,006	NÃO
P20	2,689	2,694	0,005	NÃO

Os marcos de medição P9, P12 e P15 sofreram recalque baseado na avaliação baseada nos limites máximos e mínimos. Os demais marcos, apesar da verificação pela média da existência de rebaixamento, não se pode afirmar estatisticamente a existência de recalque do solo.

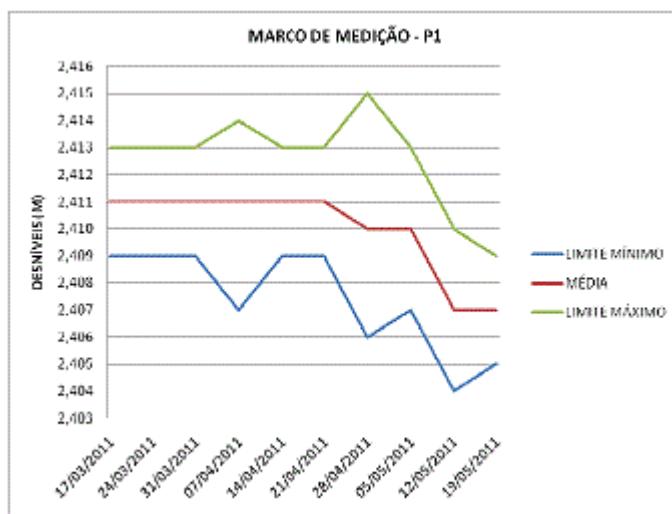


Figura 3 : Resultados das medições em cada campanha no ponto P1

As figuras 3 e 4 mostram as médias e as faixas de incertezas de todas as campanhas dos marcos de medição P1 e P12 a título de ilustração para melhor entendimento da metodologia empregada para avaliação do recalque.

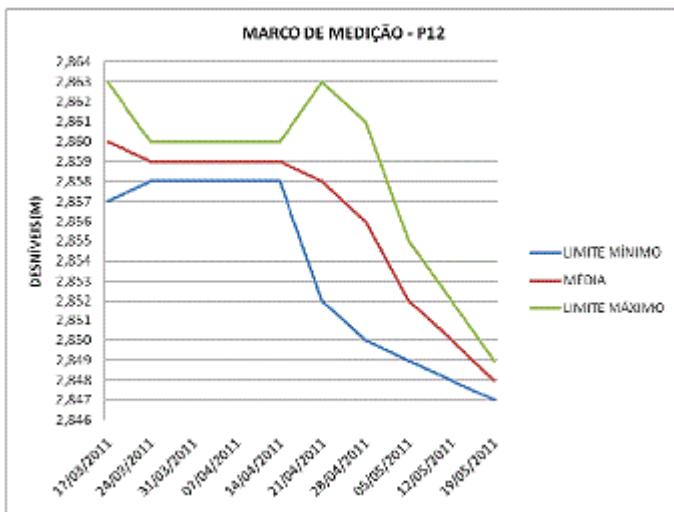


Figura 4 : Resultados das medições em cada campanha no ponto P12

6. Conclusão

Confrontando a análise da metodologia executada sobre três séries de leituras com a executada com uma única série de leitura, observa-se que apenas os pontos P9 e P15 aparecem nas duas avaliações como pontos de recalque e o ponto P12 foi apenas indicado pela metodologia de três séries de leituras como ponto recalcado.

A execução deste trabalho em campo pela empresa de topografia deixou de observar critérios definidos pelas normas NBR 6122/94 e NBR 13133/94. A falta da observação das recomendações sobre a execução do nivelamento geométrico e o tratamento inadequado dos dados inviabilizou o diagnóstico para a verificação da determinação do recalque. Com isso poderá ser tomada uma decisão errônea para a solução do recalque.

A implantação dos marcos de medição no solo não serve de parâmetro para afirmar deslocamento de estrutura, pois os mesmos podem ter sofrido deslocamentos que não foram transmitidos para a estrutura, e ainda e não podemos medir e afirmar a existência de recalque.

O que se observa é a disponibilização de dados descompromissados com a precisão, já que apoiado em uma única medida ignora-se a existência de erros relacionados ao processo de medição, podendo mascarar a realidade.

Cabe ao profissional avaliar todo o processo de geração da informação para definições corretas a respeito deste fenômeno chamado recalque, tendo cuidado de nomear todas as etapas e verificar seus possíveis erros e formas de controle, para tomada de decisão quanto ao combate deste problema.

6 Referencial Bibliográfico

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484.: Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos. Rio de Janeiro, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133.: Execução de Levantamento Topográfico, Rio de Janeiro, 1994.

HACHICH, W. et al. *Fundações: teoria e prática*. São Paulo: Pini, 1998.

DANZIGER, B. R. et al. *Estudo de Caso de Obra com Análise da Interação Solo Estrutura*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. z.; FAGGION, P. L.: *Topografia*. Universidade Federal do Paraná, 2007.

BRASIL, Ministério do Exército, Estado Maior do Exército, Manual Técnico – Serviço Geográfico. Nivelamento Geométrico, 1975.

PETROBRAS. Norma PETROBRAS N-1811 REV. A – Instalação de referência de nível profunda. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE RODAGEM. DER PRO 381/98 – Projetos de aterros sobre solos moles para obras viárias. Rio de janeiro, 1998. 34p.