

ANÁLISE DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES RADIER

Luiz Fernando Anchar Lopes¹

Rafael Bazilio Viana²

Mayara Tacila dos Santos³

Wanessa Souza de Lima⁴

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar o comportamento dos recalques de sessenta e quatro edificações, em um solo silto-argiloso quando solicitado por um sistema composto de fundação do tipo: radier plano; e superestrutura composta do sistema estrutural: paredes de concreto moldadas in loco. Foi feita uma revisão bibliográfica acerca dos movimentos de fundações e dos tipos de recalque. Avaliou-se a estabilização do maciço e o desenvolvimento dos recalques no tempo, também fazendo uma comparação entre os valores máximos obtidos em campo e os valores máximos estimados. Foram avaliados recalques diferenciais e as distorções angulares, fazendo uma comparação com os valores limites apresentados pela literatura e também com os valores estimados anteriormente à execução das fundações. Os recalques das fundações apresentaram valores abaixo dos valores estimados máximos. As distorções angulares ficaram todas abaixo dos valores estimados; na comparação com a literatura, seis das estruturas estavam susceptíveis a apresentar fissuras em alvenaria. A análise final apresentou que os recalques não oferecem risco estrutural à nenhuma das sessenta e quatro torres e isso se confirma com o fato da maioria delas já estar ocupada e não ter sido verificado nenhum quadro de patologias geradas por recalques.

Palavras-chave: Solo. Recalques. Radier.

¹ Mestrando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas-PCV, luiz.anchor@hotmail.com

² Engenheiro Civil, graduado pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, rafaelbazilioviana@gmail.com

³ Engenheira Civil, graduada pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, maytacila.ms@gmail.com

⁴ Engenheira Civil, graduada pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, Email: wanessasouzadelima@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho analisou o comportamento das deformações da camada de suporte de solo em que a fundação radier está assentada. Durante a construção foram feitas aferições de recalque para cada fundação, logo é possível averiguar o desenvolvimento dos recalques ao longo do tempo, bem como verificar os recalques diferenciais nos diferentes pontos da laje radier.

O empreendimento é composto por sessenta e quatro torres tipo com oito pavimentos onde abrigará em média oito mil pessoas. Trinta por cento das torres foram executadas com sistema convencional de radier plano e os outros setenta foram executados com sistema de protensão. Foram feitas análises computacionais antes da construção de cada torre e estimados recalques máximos, mínimos e médios. Esses dados quando comparados com os recalques reais dão uma visão da eficiência da estimativa teórica e de seu desempenho antes e durante a utilização do empreendimento. Também será possível comparar o comportamento do sistema convencional e protendido no que diz respeito às deformações.

O presente trabalho proporcionou uma análise quantitativa e qualitativa da viabilidade de utilização dessa tipologia de fundação em relação às deformações do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Será feita abaixo uma revisão sobre os pontos pertinentes ao bom entendimento dos resultados que serão posteriormente apresentados.

2.1. Fundações

Esse estudo de caso trata acerca da interação entre solo e estrutura, sobre as influências da estrutura e da fundação no solo, e como o solo se comporta frente a essa solicitação.

As fundações são divididas em rasas e profundas, esse estudo traz uma análise sobre a primeira situação, do tipo radier plano. Segundo (Velloso; Lopes, 2012) o mesmo pode ser usado quando irá receber diretamente todos os pilares de uma obra ou quase todos. No caso estudado a estrutura não contém pilares, trata-se do sistema estrutural de paredes de concreto moldadas in loco, porém a mesma definição se aplica.

De acordo com a NBR 6122-2010 determinou que fundações profundas fossem aquelas cujas bases estão implantadas a uma profundidade superior a duas vezes sua menor dimensão e pelo menos três metros de profundidade. Mattos (2004) descreve que as fundações superficiais são aquelas formadas por placas que distribuem uniformemente as tensões aplicadas. São exemplos desse tipo os blocos, sapatas, radiers, sapatas associadas, vigas de fundação e sapatas corridas.

Os radiers podem ser utilizados quando a área das sapatas se aproximam uma das outras ou até mesmo quando se interpenetram, seja pelas cargas elevadas da estrutura e/ou de tensões de trabalho baixas. Também pode ser utilizado quando se deseja uniformizar os recalques. São vários os métodos pelos quais se pode calcular um radier, porém é complexo classificá-los pois cada método faz considerações diferentes e leva em conta fatores variados.

Existem vários tipo de radier, nesse trabalho trabalhamos com radiers armados e protendidos.

Segundo (Calduro, 2000) os radiers protendidos foram inseridos no cotidiano das empresas de construção brasileira após os programas habitacionais no ano de 2000, quando cresceu a busca por velocidade de execução e redução de custos. Foi feito o largo uso dessa tipologia em casas populares e pequenas edificações. Porém o radier pode também ser

usado para edificações altas, como é o caso do edifício Masseturn em Frankfurt, que já foi considerado um dos maiores do mundo e tem sua fundação feita em radier com capitéis. Segundo Santos (2012) e Oliveira (2013) temos muitas obras em radier na região metropolitana de Recife, um exemplo em larga escala da utilização de radier foi a construção de quinhentas casas populares para funcionários do Porto de Suape, no município de Ipojuca.

O radier protendido é feito com armadura ativa e passiva. É utilizado um aço de alta resistência para protender o concreto, constituído por uma cordoalha engraxada e plastificada formada. A cordoalha é beneficiada e cortada em obra de acordo com especificações e tamanhos exigidos em projeto.

São utilizadas ancoragens e cunhas para a protensão do radier. Depois da concretagem e cura do concreto, a cordoalha é tracionada conforme especificação do projeto. A tração é feita com um conjunto de bomba e macaco hidráulico calibrado.

Para efeito de verificação da força aplicada, é medido o alongamento do cabo após a tração. Estes alongamentos são analisados por uma equipe técnica especializada no serviço. (FEITOSA, 2012)

2.2. Distorções Angulares

Os recalques diferenciais impõe à estrutura distorções angulares que são obtidas através da equação 1 quando o desaprumo é aproximadamente zero.

$$\delta = \frac{\Delta}{l} = \frac{\text{recalque diferencial}}{\text{distância entre os elementos}} \quad (1)$$

Essas distorções, segundo Cintra et. al. (2011) estão associadas a danos nas estruturas como fissuras e riscos estruturais. De acordo com Bjerrum (1963) as consequências das distorções angulares podem ser classificadas como está apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Associação de danos e distorções angulares

Dano Potencial	δ
Perigo para prédios com máquinas e equipamentos sensíveis a recalque	1/750
Fissuras em alvenaria	1/300
Desaprumo em edifícios torna-se visíveis	1/250
Risco Estrutural	1/150

Fonte: Bjerrum – 1963

Em Velloso & Lopes (2012), se tem que para os recalques totais limites em argilas segundo Skempton e MacDonald (1956) nas fundações em argilas o recalque diferencial máximo de projeto deve estar na ordem de 40 mm. Daí decorrem os recalques absolutos limites de 65 mm para sapatas isoladas e de 65 a 100 mm para radiers. Para a I.S.E. (1989) faz-se uma análise cuidadosa com base nos dados mais recentes. A conclusão é que os valores acima, sobretudo o recalque diferencial, são razoáveis como "limites de rotina". Entretanto, valores maiores podem ser aceitos a depender da análise feita pelo projetista, que com sua experiência e com os dados do seu estudo poderá atribuir outros valores.

2.3. Velocidade de Recalque

Quando tratamos da interação solo-estrutura observamos uma não uniformidade dos recalques em relação aos seus diversos apoios. De uma forma genérica observamos uma tendência de uniformização dos recalques diferenciais em uma estrutura.

Em estruturas convencionais que tem seus recalques aferidos com o tempo observa-se que os recalques se desenvolvem de forma mais lenta para um mesmo tipo de solo quando comparadas à métodos que carregam o solo mais rapidamente devido à velocidade de execução do método. De acordo com Gusmão (1990), a maior parte dos estudos sobre interação solo-estrutura assume a hipótese de não haver carregamento durante a construção da edificação. Os autores ressaltam que como a rigidez da estrutura é muito influenciada pela sua altura, a sequência construtiva assume uma importante influência na interação solo-estrutura. Como a velocidade de execução do sistema estudado nesse trabalho é extremamente alta é esperado que os recalques se desenvolvam de forma diferente da maneira observado nas estruturas de concreto armado apertado. Sendo assim necessárias poucas medições de recalque para se alcançar maiores valores e consequente estabilização do maciço.

Milititski, Schnaid e Consoli (2015) afirmam que não devemos apenas focar a análise de recalque nos valores absolutos que aferimos mas também em sua velocidade de ocorrência. A unidade que utilizamos para quantificar essa velocidade é μ /dia, que expressa a velocidade do recalque em milésimos de milímetro por dia. Os valores dessa velocidade são influenciados por vários fatores, o mais importante é como o solo se comporta frente às cargas a ele transmitidas.

Ainda convencional, de forma genérica, uma série de valores de referência:

- Prédios com mais de 5 anos, velocidade menor que 10 μ /dia;
- Prédios entre 1 e 5 anos, velocidade entre 10 e 20 μ /dia;
- Prédios em fundações diretas, fase construtiva, até 200 μ /dia;
- Prédios em fundações profundas, fase construtiva, até 80 μ /dia.

2.4. Cálculo dos Recalques

De acordo com os relatórios fornecidos pela Gusmão Engenheiros Associados os recalques foram calculados em linhas gerais dividindo o solo em três camadas conforme a figura 1.

O software ELPLA foi utilizado para realizar a estimativa dos recalques.

Como dito anteriormente o trabalho foi realizado considerando os recalques de 64 fundações, e para cada uma delas adotou-se determinados parâmetros que diferem entre si.

A espessura de cada camada variou de acordo com o perfil geotécnico de cada dupla de ensaios SPT realizados para cada fundação.

O peso específico aparente variou de acordo com os ensaios realizados também para cada local onde as fundações seriam assentadas.

O coeficiente de Poisson adotado foi 0,3 em todos os casos.

O módulo de Young também variou para cada fundação.

O radier tem as dimensões 16x16x0,4 (dimensões em metros).

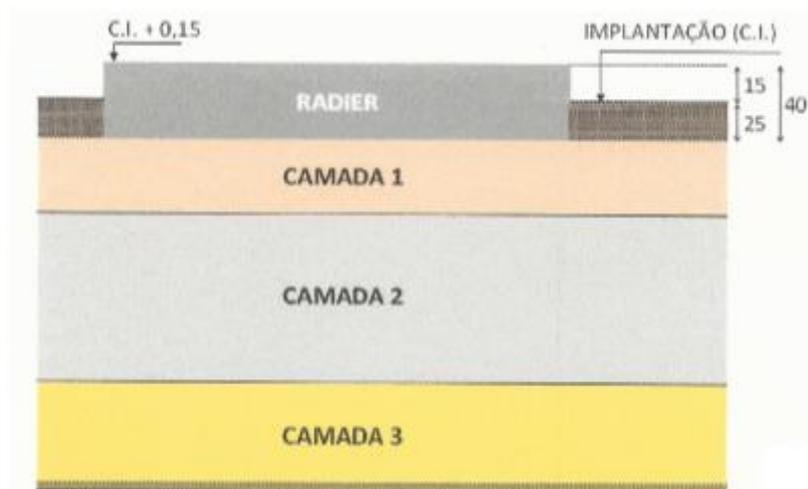


Figura 1 – Perfil genérico do substrato para efeito de estimativa de recalques
 Fonte: Relatório de Recalques Gusmão Engenheiros Associados – 2012

2.4. Perfil Geotécnico

A região metropolitana de Recife está caracterizada geologicamente por rochas do embasamento cristalino, representadas por litótipos dos complexos Gnáissico-Migmatítico, Belém do São Francisco e Vertentes, além de granitóides diversos, aflorantes ou recobertas por sedimentos meso-cenozóicos das bacias sedimentares costeiras Paraíba-Pernambuco e do Cabo. (PFALTZGRAFF, 2003)

De acordo com a EMBRAPA SOLOS a região em que a obra se encontra inserida no âmbito geológico está na Província Borborema, sendo constituído pelos litótipos dos complexos Salgadinho, Belém do São Francisco e Vertentes e da Suíte Calcicalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga e do Grupo Barreiras. A obra está situada em uma região denominada Paleoproterozóico Complexo de Salgadinho: ortognaísse tonalítico e granítico.

Na figura 2 está representado um perfil genérico de uma das fundações, obtido através do ensaio SPT.

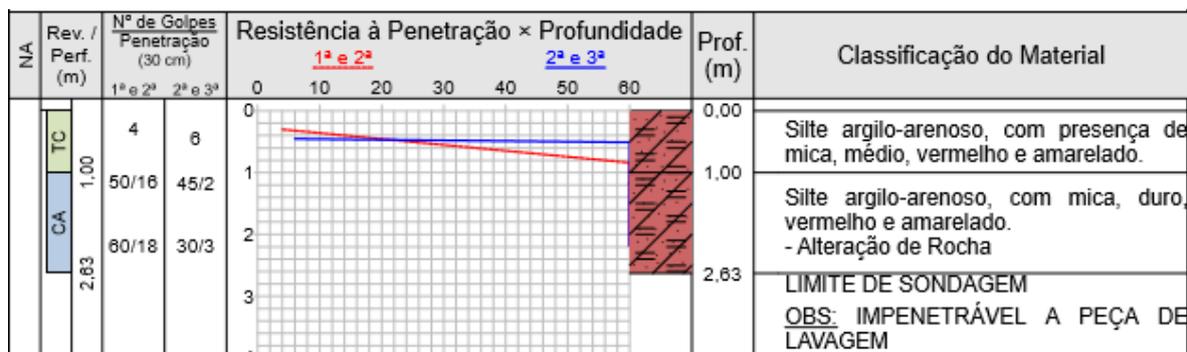


Figura 2 – Sondagem 2 da fundação 23
 Fonte: Relatório 06/2014 Mastersolos - 2014

3. METODOLOGIA

Serão apresentadas nesta seção as etapas para se chegar aos resultados que serão apresentados posteriormente.

3.1. Obtenção dos Recalques Reais

A norma NBR 6122/2010 recomenda a verificação do desempenho das fundações por meio do monitoramento dos recalques, medidos na estrutura, sendo obrigatório nos seguintes casos:

- i. Estruturas nas quais a carga variável é significativa em relação a carga total, tais como silos e reservatórios;
- ii. Estruturas com mais de 60 m de altura em relação ao térreo;
- iii. Estruturas com relação altura-largura (menor dimensão) superior a 4;
- iv. Fundações ou estruturas não convencionais.

Os recalques foram avaliados desde o início da obra por uma empresa especializada. As medições, devido à grande quantidade de unidades foram feitas a cada quinze dias, e seu resultado enviado à incorporadora para avaliação.

A quantidade de avaliações feita em cada fundação foi especificada pela empresa responsável pelo dimensionamento das fundações. A distribuição dos pontos em que o recalque foi medido está apresentada na figura 3.



Figura 3 – Pontos de avaliação do recalque na placa radier

Fonte: Gusmão Engenharia – 2012

3.2. Dados Estimativos

Os dados utilizados nesse trabalho foram concedidos pela incorporadora responsável do empreendimento.

Foram concedidos relatórios de recalque obtidos em campo onde foram feitas aferições em dez pontos distintos do radier como mostrado no item 2.10. Conforme instruído pela empresa responsável pelo dimensionamento das fundações seria necessário que cada prédio recebesse em média quatro medições, salvo em casos onde não houvesse a estabilização do maciço, nesses seriam necessárias mais medições.

Também foram cedidos pela Gusmão Engenheiros Associados relatórios com estimativas de recalques máximos, médios e mínimos; também continham curvas de isorecalques, mostrando as áreas do radier onde se esperavam maiores ou menores valores. Porém não houve a possibilidade de comparar o desenvolvimento das curvas de isorecalques reais e estimados devido ao tempo

necessário para fazer essas comparações.

3.3. Recalque x Tempo

Para se obter os gráficos de recalque no tempo foi necessário tabelar os dados de todas as medições dos blocos com seus respectivos intervalos de realização. Após isso ser feito foram criados os gráficos e foi feita a separação em três grupos: recalques considerados normais, recalques não estabilizados e recalques-levantamento.

3.4. Recalque Diferencial e Distorção Angular

Utilizando os dados das últimas verificações feitas em cada fundação, foi calculada a diferença entre os pilares mais próximos, e assim obtidos os recalques diferenciais. Os pontos onde foram feitas as avaliações foram definidos de acordo com a proposição teórica.

Os valores calculados de distorção angular tiveram seus valores máximos definidos em projeto. Esses valores foram comparados com os valores reais calculados através dos dados de recalque obtidos ao longo da obra. Depois de feitas as comparações foram realizadas as análises e conclusões avaliando se as distorções estão acima ou abaixo do especificado em projeto.

3.5. Recalques Reais x Recalques Estimados

Através dos dados fornecidos pela empresa foi possível obter os dados de recalque máximos, médios e mínimos para cada fundação. Esses recalques foram calculados através do software ELPLA (Relatórios de 1 a 16 elaborados pela Gusmão Engenheiros Associados). Esses dados dão um panorama geral de como deveriam se desenvolver os recalques de cada fundação, tornando possível uma comparação entre o que foi estimado e o que realmente ocorreu. A comparação foi feita utilizando os dados também fornecidos pela empresa que avaliou os recalques reais totais até a última medição de cada fundação.

3.6. Análise das Velocidades de Recalque

Foram feitas análises de forma a obter dados que pudessem ser comparados com os valores de Milititski, Schnaid e Consoli (2010).

Analisaram-se as velocidades de recalque do início da execução da fundação até a última medição para compararmos com os valores de referência para edificações entre um e cinco anos.

Os valores apresentados como referência são valores genéricos, devido a isso teremos uma visão em relação aos valores obtidos apenas de comparação teórica. Será sugerido como aprofundamento no tema um estudo detalhado acerca dessas velocidades de recalque.

3. RESULTADOS

Serão apresentados os resultados do estudo de caso e feitas análises acerca deles.

4.1. Recalques x Tempo

Observou-se que 50% das fundações apresentaram recalques teoricamente normais, conforme mostrado na figura 4a. Outros 36% apresentaram recalques não estabilizados, conforme

figura 4b. Já os 14% restantes correspondentes a nove fundações apresentaram levantamento, que não apresentaram curvas características.

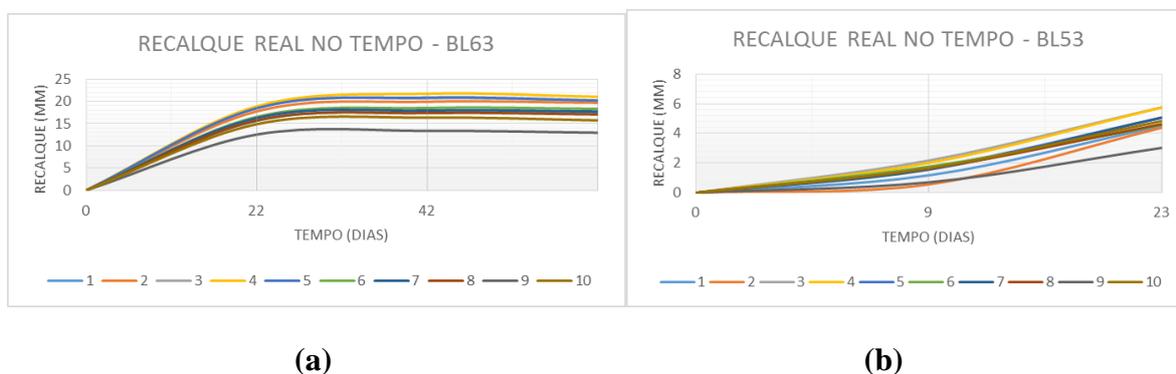


Figura 4 – Curvas características encontradas na análise

Fonte: do autor – 2016

4.2. Recalque Diferencial

Com relação aos recalques diferenciais observou-se valores médios de 4,39 mm milímetros com desvio padrão para população de 3,97 mm. Quando avaliamos o radier como uma placa rígida é preciso entender que seu comportamento é diferente de um sistema de sapatas isoladas, por exemplo. Nesse sistema as sapatas sofrem influência do recalque diferencial de forma mais atenuada, pois a rigidez da fundação se torna menor, mesmo com a utilização de cintas. Na laje radier, em especial com suporte para edificação de um sistema rígido de paredes de concreto armado os recalques diferenciais são menores e exercem menos influência na estrutura. No sistema de lajes, pilares e vigas os recalques diferenciais podem gerar problemas como fissuramentos nos fechamentos da estrutura, no sistema estudado nesse trabalho isso não é esperado, pois a rigidez imposta pelo sistema fechado armado de concreto gera esforços mais resistentes às tensões impostas pelos recalques diferenciais, minimizando e até impedindo que ocorram patologias devido aos mesmos.

4.3. Distorções Angulares

Em uma primeira avaliação verificou-se que 91% das fundações tiveram distorções angulares que segundo a literatura não apresentam nenhum quadro de patologias para a edificação; já os outros 9% das fundações são classificados como quadro de fissuração em alvenaria. Porém não foi identificado nenhum aparecimento excessivo de fissuras nos planos das paredes, isso se deve ao fato da alta rigidez do sistema que consegue combater os esforços gerados pelas distorções, minimizando os impactos na estrutura e fechamentos.

Em uma segunda avaliação verificou-se que 100% das fundações apresentaram distorções angulares abaixo do máximo de projeto, o que se apresenta a favor da segurança. Em torno de 80% das fundações apresentaram distorções abaixo da metade do que foi estimado, vale ressaltar que 50% dos blocos ainda não atingiram a estabilização completa dos recalques, conforme comentado anteriormente. Esta diferença entre os valores medidos e estimados é justificável uma vez que o solo é um material altamente heterogêneo e variável nas suas características. Se for avaliada uma amostra em um local e mudarmos alguns metros de distância as características encontradas podem

ser totalmente diferentes, logo, para uma obra de mais de vinte hectares a variação do solo grandes e requerem medidas de cautela nos dimensionamentos.

4.4. Recalques Reais x Recalques Estimados

Foram comparados os recalques estimados pelo ELPLA pela Gusmão Engenheiros Associados com os recalques medidos em campo. A comparação entres os recalques reais e estimados apresentaram um quadro em que apenas 6,25% das fundações tiveram valores acima do que foi estimado. Dessas, três fundações tiveram recalques médios 26,62% maiores que o estimado e a outra fundação teve 516,9% acima. Essa fundação com valores extremamente maiores que o estimado foi um caso específico da obra onde o solo apresentou características de capacidade de carga muito baixas. Foi feito um melhoramento com colunas de argamassa como explicitado acima com a finalidade de tornar possível o assentamento de uma fundação superficial. Após serem feitas as análises estimativas novamente com a nova capacidade de carga do solo, considerando já o melhoramento a empresa refez os cálculos e obteve um valor máximo de recalque para essa fundação de 2,9 milímetros. O valor do recalque após a estabilização ficou próximo do que foi verificado em todos os outros blocos, em torno de 17,89 milímetros. O percentual de diferença entre o real e o estimado seja elevado em ordem de grandeza o recalque final está dentro da média do restante das fundações. Isso verifica que se não houvesse o reforço os valores de recalques inviabilizariam o tipo de fundação adotado e talvez, pelo custo da fundação necessária inviabilizasse a execução dessa edificação.

4.4. Velocidades de Recalque

Como as medições foram feitas com a edificação ainda em construção, adotou-se como parâmetro de comparação 200 μ /dia proposta por Milititski, Schnaid e Consoli (2015) para avaliar as velocidades obtidas.

Observou-se através da análise dos dados que 75% das fundações apresentaram velocidades inferiores a 200 μ /dia na fase construtiva, os outros 25% apresentaram valores acima, distribuídos da seguinte forma:

- 15,63% apresentaram velocidades variando entre 200 e 300 μ /dia
- 4,69% apresentaram velocidades variando entre 300 e 400 μ /dia
- 1,56% apresentaram velocidades variando entre 400 e 500 μ /dia
- 3,13% apresentaram velocidades variando entre 600 e 700 μ /dia

3. CONCLUSÃO

Através da análise dos dados avaliados foi possível obter vários resultados acerca do estudo proposto. Os resultados serão apresentados na mesma ordem do trabalho e discutidos de acordo com as normas e bibliografias pertinentes.

O primeiro item analisado foi o desenvolvimento dos recalques no tempo. Através desse avaliação foi possível verificar o comportamento de cada fundação em função do período de tempo decorrido e consequente acréscimo de carga realizado sobre a fundação e transmitida ao solo.

Não foram observadas patologias típicas de recalques diferenciais em nenhuma das edificações estudadas. Com relação às distorções angulares geradas pelos recalques diferenciais foram feitas comparações com os limites estipulados pela literatura e também com os limites dos

relatórios da empresa Gusmão Engenheiros Associados, responsável pelo relatório de previsões de recalque. Em nenhum dos dois critérios observou-se distorções que requeressem qualquer tipo de atenção especial ou gerasse alguma preocupação com relação à estabilidade do sistema.

A solução de fundação radier não elimina os recalques absolutos, mas a rigidez do radier e da própria estrutura reduzem os recalques diferenciais

Conclui-se que os recalques observados estão dentro dos valores esperados, bem como suas distorções e recalques diferenciais. A maioria das edificações já se encontra ocupada por seus proprietários e não foram informados quadros de patologias devido a recalques em nenhuma delas. Com relação à expansibilidade, são necessários ensaios mais detalhados para refinar as conclusões e fazer as intervenções se forem necessárias.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, V. **Estudo do Comportamento Geotécnico de um Solo Argiloso de Cabrobó, Potencialmente Expansivo, Estabilizado com Cal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

CAUDURO, E. L. **Execução de Rádiers Protendidos**. Fortaleza: Anais do 42º Congresso Brasileiro do Concreto, 2000.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHAGAS, J. V. R.; LÓPEZ, T. P. **Previsão numérica de recalques de edifícios em alvenaria estrutural: um caso de obra em Goiânia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2011.

DIAS, M. S. **Análise do comportamento de edifícios apoiados em fundação direta no bairro da praia na cidade de Santos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.

FEITOSA, L. R. L.; LIMA, L. A. G. **Radier protendido**. Técnica, São Paulo: PINI, ed. 185, jun. 2012.

GONÇALVES, J. C. **Avaliação Da Influência Dos Recalques Das Fundações Na Variação De Cargas Dos Pilares De Um Edifício**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2004.

GUSMÃO, A. D. **Estudo da Interação Solo-Estrutura e sua Influência em Recalques de Edificações**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1990.

MATTOS, E. F. O. D. **Introdução ao Estudo de Fundações**. Salvador: Editora Independente, 2004.

MILITITISK, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia de Fundações**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2010.

OLIVEIRA, J. T. R.; OLIVEIRA, P. E. S.; FERREIRA, S. R. M. **Interação Solo-Estrutura em Fundação tipo Radier de Rigidez Variável**. In: **Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**. Ipojuca: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2012.

OLIVEIRA, P. E. S. **Análise de Provas de Carga e Confiabilidade para Edifício Comercial na Região Metropolitana do Recife**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SANTOS, R.A.M. **Análise dos tipos de Fundações na Região Metropolitana do Recife de 2000 a 2010.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica de Pernambuco (UPE). Recife, 2012.

TEIXEIRA, A. H. **Fundações Rasas na Baixada Santista.** In: FALCONI, F. F.; NEGRO Jr., A. **Solos do Litoral Paulista.** São Paulo: ABMS, 1994.

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. D. **Análise, projeto e execução de fundações rasas.** São Paulo: Pini, 1998.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais e fundações profundas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.