

Controle de Recalque durante a Execução de Edifícios no Distrito Federal.

Henrique Leoni Rodrigues da Cunha
BMS Engenharia, henrique@bmsengenharia.com.br

Rodrigo Antônio Paes de Andrade Lopes de Oliveira
Centro Universitário de Brasília, Brasília, Brasil, raloliveira@hotmail.com

Gabriela de Athayde Duboc Bahia
Universidade de Brasília – UnB, Brasília, Brasil, gabrieladuboc@gmail.com

Neusa Maria Bezerra Mota
Centro Universitário de Brasília e BMS Engenharia, Brasília, Brasil, neusa.mota@uniceub.br

RESUMO: O controle de recalque é um método de monitoramento que visa garantir e verificar o desempenho das fundações em todas as etapas de uma edificação. Esse monitoramento ainda é pouco utilizado no Distrito Federal por falta de conhecimento e também por falta de concepção da sua importância. A norma ABNT 6122/2010 - Projeto e Execuções de Fundações traz a obrigatoriedade da realização do monitoramento de recalque em edificações específicas. A revisão desta norma é de extrema importância para que haja uma mudança da cultura do Distrito Federal, dando a relevância necessária a esse controle o qual verifica o desempenho das fundações. A maneira correta de realização do monitoramento de recalque é ser realizada desde o início da obra, para que seja possível coletar os recalques em todas as fases de carregamento para que se tenha o desempenho completo da edificação. É crucial que se depreenda que o controle de recalque deve ser de natureza preventiva. Esse método é usado a fim de avaliar o desempenho das fundações, e de possibilitar um diagnóstico para uma possível intervenção o mais cedo possível visando proporcionar uma interferência mais simples e de menor custo do que se fosse diagnosticado posteriormente. Esse trabalho tem como objetivo analisar resultados de monitoramento de recalque realizados em cinquenta e três edificações em diversas áreas do Distrito Federal, e apresentar um mapeamento com recalques obtidos nessas várias áreas. Tem-se ainda o objetivo de informar a todos os empreendedores das áreas a real necessidade do monitoramento, desde o início da obra. Das cinquenta e três projeções estudadas neste trabalho em 5,66% do total foi necessário a execução de reforço, sendo em todos os casos a intervenção realizada antes da conclusão da obra, o que demonstra importância preventiva do monitoramento de recalque.

PALAVRAS-CHAVE: recalque, distorção angular, interação solo-estrutura.

1 INTRODUÇÃO

Toda edificação é passível de recalques ou levantamentos, uma vez que a suas cargas deformam o solo. O monitoramento de recalque é necessário para que cada vez mais especialistas consigam aproximar previsões ao comportamento real das estruturas.

Berberian (2011) afirma que em toda fundação ocorre recalque; as fundações suportam um certo limite de recalque com danos, porém a maioria destes recalques são absorvidos sem que haja qualquer percepção visual, quando pilares e vigas são construídos no prumo e no nível.

Recalque é o movimento vertical descendente de uma fundação, o levantamento

por sua vez é o movimento vertical ascendente dela (ABNT, 2010). A norma ABNT 6122/10 convencionou representar o recalque utilizando o sinal positivo. Segundo Rebello (2011) recalque é a deformação que ocorre no solo quando submetido a cargas.

Existem alguns tipos de recalques que são extremamente importantes para uma análise do desempenho das fundações, entre eles destacam-se o recalque absoluto, o recalque diferencial e o recalque diferencial específico, também chamado de distorção angular.

O recalque absoluto é o deslocamento vertical descendente de um elemento de fundação, já o recalque diferencial é a diferença do deslocamento vertical entre dois quaisquer elementos da fundação. O recalque diferencial específico é o recalque diferencial dividido pela distância entre os dois elementos de fundação selecionados (ALONSO, 1991).

O recalque diferencial específico é o mais relevante e que merece maior atenção, sendo necessário respeitar os limites pré-estabelecidos pela literatura para que se consiga um bom desempenho da edificação assim como a segurança da obra.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Considerações Gerais

A compreensão da interação solo-estrutura é essencial para a verificação de desempenho da edificação. Segundo Reis (2000), o comportamento resultante dessa interação sempre foi alvo de preocupação da engenharia. Apesar de sua relevância, a compreensão desta interação é cercada de obstáculos, tais quais a sequência construtiva, o número de pavimentos, a transferência de esforços ao solo e a heterogeneidade do solo afirma Mota (2009).

Muitas vezes essa interação solo-estrutura é desprezada pelos projetistas ocasionando em um comportamento real da estrutura que difere do comportamento previsto. Ainda hoje, existem poucos programas que utilizam essa interação, apesar de pesquisadores já compreenderem a necessidade da utilização,

devido a complexidade da mesma. Essa desigualdade pode fazer com que o recalque tenha estimativa errônea para mais ou para menos.

Dentre os valores de distorções angulares presentes na literatura, os principais limites são:

- $\beta = 1/500$: Limite seguro para impedir danos em paredes;
- $\beta = 1/300$: Limite a partir do qual se espera uma primeira fissura na parede;
- $\beta = 1/150$: Limite a partir do qual se espera danos estruturais.

Além da consideração dos recalques é necessário avaliar a velocidade que esses recalques ocorrem. De acordo com Milititsky et. al (2008) as velocidades de recalque utilizadas são:

- Prédios com mais de cinco anos: até $10\mu\text{m}/\text{dia}$;
- Prédios entre um e cinco anos: entre $10\mu\text{m}/\text{dia}$ e $20\mu\text{m}/\text{dia}$.

De acordo com a fase construtiva:

- Fundação direta: até $200\mu\text{m}/\text{dia}$;
- Fundação profunda: até $80\mu\text{m}/\text{dia}$.

Os limites abordados no presente trabalho são os que consideram uma edificação em uma condição estabelecida como normal, já que a mesma pode sofrer influências externas como o rebaixamento do lençol freático e escavação em área próximas. Esses fatores podem contribuir para que esses limites sejam maiores.

Uma edificação dependendo da velocidade de recalque é capaz de redistribuir os esforços, permitindo o suporte de recalques diferenciais maiores do que inicialmente previstos. Os valores admissíveis citados acima dependem também do material utilizado na construção, assim como da finalidade da edificação. Por exemplo, se na edificação forem utilizadas máquinas sensíveis os limites toleráveis serão mais rigorosos.

2.2. Interação Solo-Estrutura (ISE)

A interação solo-estrutura pode tornar projetos considerados inviáveis em viáveis. Este mecanismo torna possível uma análise mais real do comportamento de uma construção, possibilitando diagnosticar com mais precisão a viabilidade da mesma. Chamecki (1958 apud GONÇALVES, 2004) afirma que a consideração do efeito de uniformização dos recalques diferenciais leva à projetos mais econômicos e otimizados.

A consideração da interação solo-estrutura tem sido um objetivo comum da engenharia civil. Existe uma grande apreensão para que se consiga considerar seus efeitos por meio de modelos computacionais, com o intuito de melhorar o desempenho da estrutura.

Berberian (2011) afirma que o fenômeno da interação solo-estrutura gera uma tendência de uniformização de recalques, suavizando a deformada de recalques e reduzindo a distorção angular imposta à estrutura.

Meyerhof (1958 apud GUSMÃO, 1998) diz que a distribuição dos recalques é comandada pela Interação Solo Estrutura (ISE), diminuindo o recalque diferencial com o aumento da rigidez relativa. Iwamoto (2000) afirma em seu trabalho que duas super-estruturas iguais, construídas em locais diferentes, apresentam reações de apoio distintas, devido ao recalque. Confirma assim, a importância dessa interação de que sejam analisados conjuntamente todos os componentes de uma construção.

3. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES ACERCA DA METODOLOGIA

Para a realização do monitoramento de recalques é necessário a instalações de pinos nos pilares da estrutura para que com os aparatos necessários (régua ou mira, nível ótico e referência de nível ou *bench mark*) se faça a medição dos recalques. Porém, na maioria das obras o contratante se propõe a instalar uma menor quantidade de pinos apenas nos pilares que apresentam maior dúvida quanto ao seu comportamento sob carregamento, para “economizar”. Para que se tenha o real comportamento da obra é necessário que se

tenham uma quantidade de pilares instrumentados que represente o porte da obra estudada.

Vale ressaltar que a NBR 6122/10 (ABNT) não define a quantidade de pilares a serem instrumentados, o que pode acarretar em uma coleta insuficiente de dados para se analisar o conjunto da obra e retratar seu comportamento real. Alonso (1991) sugere que se tenha um pilar instrumentado para cada 30m². Uma outra maneira de se realizar o controle de recalque, é por meio do princípio de rodízio.

Dessa forma, o rodízio pode ser uma maneira mais adequada e mais completa para o monitoramento de recalque. A empresa contratada para fazer o monitoramento de recalque de quarenta pinos com seis medições pode, por exemplo, fazer um rodízio de quarenta pilares nas medições ímpares e de outros quarenta nas medições pares. O único custo adicional para o proprietário será os quarenta pinos de recalque a mais utilizados. Neste caso, ter-se-á um quantitativo maior de recalques acumulados, de velocidades de recalque, e também de distorções angulares. Ao mesmo tempo tem-se menos medições para cada pilar instrumentado do que se feito da maneira tradicional. Destarte a opção pelo rodízio gera diversos benefícios, como por exemplo um monitoramento mais amplo da obra.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS ANALISADAS

As obras em estudo foram escolhidas de acordo com a qualidade e quantidade dos dados disponíveis de monitoramento de recalque realizados durante os anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. É importante ressaltar que a análise dos dados obtidos com o monitoramento de recalque possibilita a obtenção do recalque acumulado, da velocidade de recalque, e da distorção angular, entre pilares, durante todas as medições realizadas, durante a construção da edificação.

Foram analisadas cinquenta e três projeções em diversas áreas do Distrito Federal: Águas Claras, Gama, Guará, Brasília e Taguatinga. As várias edificações examinadas têm

características singulares e únicas, assim como toda e qualquer obra, sendo classificadas como de médio e grande porte, variando de 6 a 34 lajes. Vale ressaltar que, este trabalho não levou em conta o tipo de fundação executada, devido à complexidade e o grande número de edificações analisadas.

Em Águas Claras foram analisadas 24 (vinte e quatro) edificações, no Gama 3 (três), no Guará 20 (vinte), em Brasília 4 (quatro), e em Taguatinga 2 (duas).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O intuito deste trabalho é comparar os dados obtidos de cada obra com parâmetros estabelecidos como limites e também com outras obras dentro da mesma cidade, e de outras cidades dentro do Distrito Federal.

A análise consistiu em verificar ao longo de todas as fases de cada construção estudada o maior e o menor recalque acumulado total e também a maior e menor velocidade de recalque. Também foi verificada a média do recalque total acumulado e a velocidade de recalque de cada um das edificações. As duas maiores distorções angulares de cada projeção também foram encontradas e analisadas.

O gráfico 1 revela dentro de todas as obras analisadas no Distrito Federal, a porcentagem de realização do monitoramento de recalques de cada cidade.

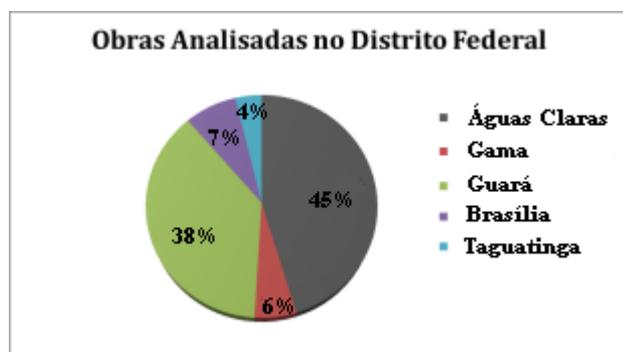


Figura 1. Porcentagem de obras em que foi realizado controle de recalques.

A partir dessa figura, tem-se o conhecimento de que as projeções localizadas em Águas Claras são as que mais realizaram o monitoramento de recalque com 45% do total estudado, equivalente a vinte e quatro

edificações. Em seguida, tem-se o Guará com 38%, equivalente a vinte obras monitoradas. Isso se justifica pelo crescente número de obras em construção nas referidas regiões.

Serão apresentados a seguir os dados de recalques e velocidades de recalque referentes às obras analisadas para cada cidade. Sendo a figura 2 e 3 para Águas Claras, figura 4 e 5 para o Gama, figura 6 e 7 para o Guará, figura 8 e 9 para Brasília e figura 10 e 11 para Taguatinga.

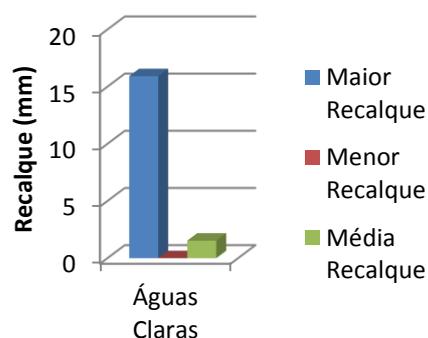


Figura 2. Valores de recalque para as obras situadas em Águas Claras.

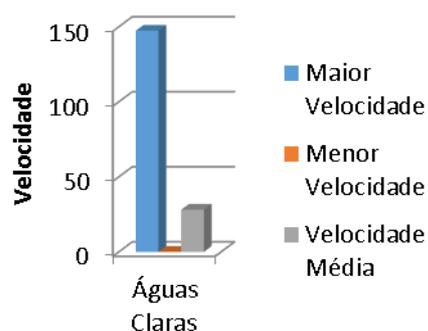


Figura 3. Valores de velocidade recalque para as obras situadas em Águas Claras.

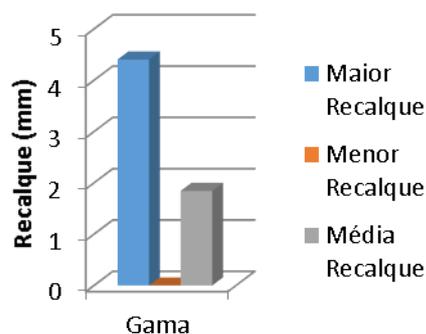


Figura 4. Valores de recalque para as obras situadas no Gama.

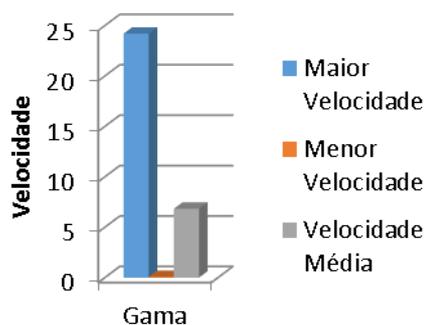


Figura 5. Valores de velocidade de recalque para as obras situadas no Gama.

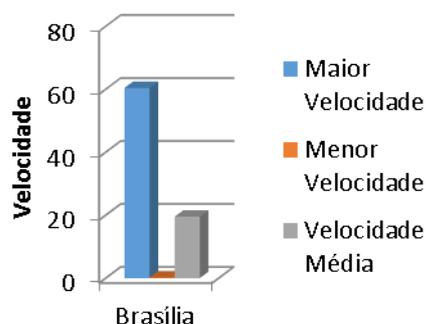


Figura 9. Valores de velocidade de recalques para as obras situadas em Brasília

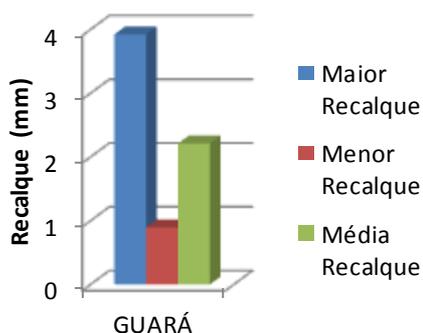


Figura 6. Valores de recalques para obras situadas no Guará, excluindo as três obras reforçadas.

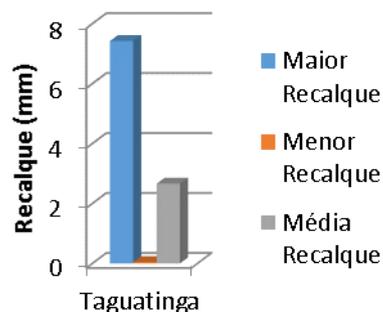


Figura 10. Valores de recalques obtidos para as obras situadas em Taguatinga.

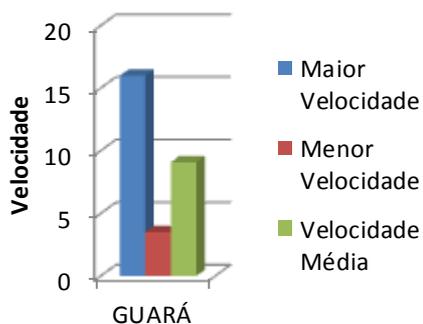


Figura 7. Valores de velocidade de recalques para obras situadas no Guará, excluindo as três obras reforçadas.

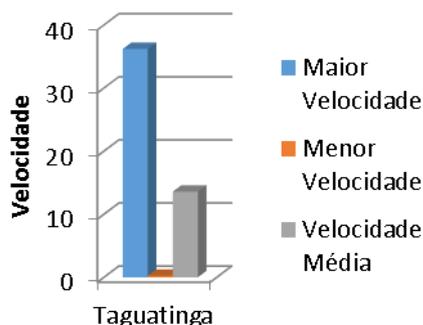


Figura 11. Valores de velocidades de recalques obtidos para as obras situadas em Taguatinga.

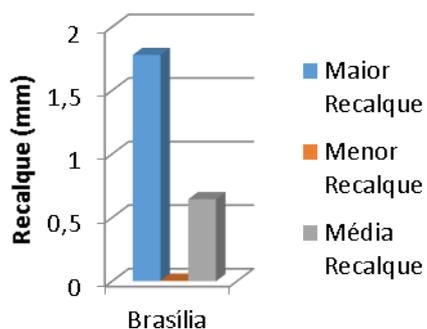


Figura 8. Valores de recalques para as obras situadas em Brasília.

Destaca-se que três edifícios situados no Guará, executados em fundação direta, apresentaram valores elevados de recalque e velocidade de recalque, divergindo dos valores médios apresentados. Os valores médios de recalque e velocidade de recalque, considerando os três edifícios reforçados, foram de 89,235 mm e 796,27 $\mu\text{m}/\text{dia}$, respectivamente, obtidos durante a fase de construção até a execução dos serviços de reforço, com estaca raiz, realizado antes da entrega dos edifícios. Observou-se que a execução dos reforços em estaca raiz contrinuíram de forma significativa no aumento da velocidade de recalque. No Guará os valores médios dos recalques e das velocidades de

recalque, excluindo as obras reforçadas, foram de 2,211 mm e 9,080 $\mu\text{m}/\text{dia}$, respectivamente. Portanto, os recalques acumulados e as velocidades de recalque inclinam para um número muito pequeno, com exceção das três edificações. É importante ressaltar, que as edificações analisadas são próximas umas das outras. Isso nos permite evidenciar como o solo dessa localização é heterogêneo para obtenção de resultados tão distintos. Mas vale ressaltar, que não apenas o solo pode interferir na magnitude de recalques, mas também a má execução da obra e o projeto elaborado são alguns dos fatores que podem influenciar nesse parâmetro.

É possível averiguar que a velocidade de recalque está ligada ao recalque total acumulado, uma vez que frequentemente tem indicadores parecidos.

A partir dos levantamentos apresentados e das análises realizadas, destaca-se que os maiores recalques acumulados, velocidades de recalque e distorções angulares foram observados nas edificações localizadas no Guará e em Águas Claras.

No geral, tem-se que o Guará obteve a maior média de recalque acumulado e a segunda maior velocidade entre todas as cidades. Isto se deve ao fato de cinco obras terem atingido altos índices dos respectivos parâmetros de análise. Já a cidade de Águas Claras atingiu a maior média de recalque e velocidade de recalque com 1,537 mm e 28,173 $\mu\text{m}/\text{dia}$, respectivamente, um número justificável, pois várias projeções colaboram para esse fato.

Em Taguatinga os valores médios de recalque e velocidade de recalque foram de 2,659 mm e 13,583 $\mu\text{m}/\text{dia}$, respectivamente; e no Gama de 1,844mm e 6,837 $\mu\text{m}/\text{dia}$, respectivamente.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

É importante ressaltar que apesar do grande número de obras analisadas, esses resultados precisam ser julgados com bastante cuidado. Conforme visto anteriormente, o carregamento e a quantidade de lajes interferem nos recalques, e as construções analisadas estavam em fases distintas de carregamento durante as medições

de recalque. Desta forma, os gráficos apresentados podem acabar distorcendo um pouco a realidade, uma vez que uma obra com pouco carregamento terá uma parcela de recalque total diferente de uma obra em um estágio mais avançado.

Além disso, em Brasília e em Taguatinga, foram analisadas poucas projeções, o que pode distorcer a magnitude dos recalques reais dessas regiões.

Em específico no Guará, destaca-se que pelo menos três edificações contribuíram com uma grande parcela para que os resultados dessa região ficassem fora do padrão geral obtido nas demais regiões. Como as referidas projeções foram reforçadas durante a construção, analisar o desempenho global das fundações dentro do comportamento esperado no projeto fica prejudicado. Nestes casos se os carregamentos continuassem sem a intervenção do reforço, poder-se-ia observar valores ainda maiores. Ao mesmo tempo, é necessário apresentar esses dados para mostrar a importância do monitoramento de recalque feito desde o início da construção, e também para que se possa saber que de vinte obras analisadas no Guará, três sofreram reforços, o que corresponde a aproximadamente 15%. Das cinquenta e três projeções onde foram realizados os monitoramentos de recalque, aproximadamente em 5,66% foi necessário a execução de reforço. E para todos os casos foi identificada a necessidade da intervenção antes que surgissem problemas e evidências maiores, como trincas na estrutura, aberturas de juntas de dilatação, etc. com comprometimento estrutural.

O número de medições realizadas em cada obra também pode influenciar no resultado final dos dados, por isso existe uma necessidade de que haja mais medições para que se possa conhecer o que acontece de fato na obra durante todas as etapas.

O estudo realizado é de extrema importância para projetistas e executores de fundações, que poderão ter acesso às informações do desempenho das fundações do local do projeto ou de áreas relativamente próximas. Sendo assim, podem dimensionar com mais conhecimento e conseqüentemente de forma mais eficaz.

Importante lembrar, que em obras de pequeno porte, apesar de não ser obrigatório pela norma, também é importante que o monitoramento de recalque seja feito. Isto porque o recalque tem uma maior influência nos primeiros andares, podendo fazer com que prédios menores sofram com mais intensidade. O proprietário dessas obras geralmente prefere não arcar com os custos de um monitoramento de recalque preventivo. Se esse for o caso, é indicado que os responsáveis fiquem atentos ao aparecimento de fissuras, e a evolução ao longo do tempo de sua magnitude.

Por fim, este trabalho traz uma contribuição geral sobre a importância do monitoramento de recalque para análise de desempenho de edificações, a partir da conscientização de projetistas, executores, engenheiros e empresários sobre a importância da realização do mesmo com forma preventiva de ocorrência de manifestações patológicas, durante a vida útil das edificações; além de trazer à tona a necessidade de construção de um banco de dados de recalques, por região representativa, que se inicia com a compilação destes resultados apresentados e que continuará a partir da alimentação de resultados de futuras obras.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. Projeto e execução de fundações: NBR-6122. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro: 2010.

ALONSO, U.R. Previsão e controle das fundações. São Paulo: Bluncher, 1991.

BERBERIAN, D. Engenharia de Fundações. 34. ed. Brasília: UnB, 2011.

GONÇALVES, J. C. Avaliação da influência dos recalques das fundações na variação de carga dos pilares de um edifício. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 126p, 2004.

GUSMÃO, J.F. Fundações: do conhecimento geológico à prática da engenharia. Recife: Universitária da UFPE, 1998.

IWAMOTO, R. K. Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda. 2000. 140 f. Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2000.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. Patologia das fundações. São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

MOTA, M. M. C. Interação solo-estrutura em edifícios com fundação profunda: método numérico e resultados observados no campo. Doutorado, Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 221p, 2009.

REBELLO, Y. C. P. Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 3. ed. São Paulo: Ziguarte, 2011.