

PROVA DE CARGA EM EDIFÍCIO COM INDÍCIOS DE MOVIMENTAÇÃO POR RECALQUE

Monique Coutinho Nunes¹

niquenunes@gmail.com

Rafael Alves Fernandes²

nandesrafa@gmail.com

Leandro Camilo de Mello³

mlocamilol@gmail.com

Paulo de Tarso Machado Leite Soares⁴

paulotarsoptml@fab.mil.br

Igor Charles Siqueira Leite⁵

igoricsl@fab.mil.br

Bruna da Silva Antunes Semeghini⁶

antunesbsas@fab.mil.br

Eduardo Soares de Avellar⁷

avellaresa@fab.mil.br

ÁREA: 1 PATOLOGIA - 1.5 INSPEÇÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS (ITE)

Resumo

O ensaio de prova de carga é considerado um dos testes mais eficientes para a verificação de segurança de uma estrutura já concluída, principalmente quando as informações de projeto e construção não são conhecidas. Este trabalho visa, através de um ensaio de prova de carga, avaliar a estabilidade e segurança de um edifício na cidade de São Paulo, o qual apresenta manifestações patológicas típicas de movimentação por recalque, após ter ocorrido um rebaixamento do lençol freático na região. A metodologia utilizada foi baseada nas normas brasileiras de prova de carga em estruturas e em estacas, aplicando-se tanto carga concentrada nos pilares quanto carga distribuída na laje, e medindo-se o deslocamento vertical correspondente. Foram utilizados lona plástica e equipamento *bladder* cheios com água para aplicação do carregamento, e equipamentos de topografia para medição dos deslocamentos. Os resultados foram analisados em comparação com deslocamentos máximos admitidos pela literatura, dando parecer conclusivo sobre a segurança da estrutura.

Palavras-chave: Prova de carga
Movimentação por recalque
Patologia

¹ Mestre, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG; Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE.

² Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE

³ Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE

⁴ Mestre, Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE

⁵ Mestre, Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE.

⁶ Mestre, Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE

⁷ Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica – CEPE



PRUEBA DE CARGA EN EDIFICIO CON INDICIOS DE MOVIMIENTO POR RECALQUE

Monique Coutinho Nunes

niquenunes@gmail.com

Rafael Alves Fernandes

nandesrafa@gmail.com

Leandro Camilo de Mello

mlllocamilol@gmail.com

Paulo de Tarso Machado Leite

Soares

paulotarsoptml@fab.mil.br

Igor Charles Siqueira Leite

igoricsl@fab.mil.br

Bruna da Silva Antunes Semeghini

antunesbsas@fab.mil.br

Eduardo Soares de Avellar

avellaresa@fab.mil.br

AREA: 1 PATOLOGÍA - 1.5 INSPECCIÓN TÉCNICA DE EDIFICIOS

Resumen

El ensayo de prueba de carga se considera una de las pruebas más eficaces para la verificación de seguridad de una estructura ya concluida, principalmente cuando no se conoce la información de diseño y construcción. Este trabajo pretende, a través de un ensayo de prueba de carga, evaluar la estabilidad y seguridad de un edificio en la ciudad de São Paulo, el cual presenta manifestaciones patológicas típicas de movimiento por recalque, después de haber ocurrido un descenso de la capa freática en la región. La metodología utilizada fue basada en las normas brasileñas de prueba de carga en estructuras y en estacas, aplicando tanto carga concentrada en los pilares como carga distribuida en la losa, y midiendo el desplazamiento vertical correspondiente. Se utilizaron lona plástica y equipo bladder llenos con agua para aplicación del cargamento, y equipos de topografía para medición de los desplazamientos. Los resultados han sido analizados en comparación con los desplazamientos máximos admitidos por la literatura, dando un dictamen concluyente sobre la seguridad de la estructura.

Palabras clave: Prueba de carga

Movimiento por la represión

Patología

Introdução

O ensaio de prova de carga é considerado um dos testes mais eficientes para a verificação de segurança de uma estrutura já concluída, principalmente quando as informações de projeto e construção não são conhecidas (OLIVEIRA & JUNIOR, 2007).

Os ensaios foram realizados no Edifício E-008 do Parque de Material Aeronáutico de São Paulo – PAMA-SP, composto de duas alas construídas em 1945 (72 anos) e ligadas por uma central construída depois de 20 anos (1965). Possui dois pavimentos e estrutura em concreto armado. Segundo relatos dos usuários, o tramo central foi construído sobre estacas Strauss, não havendo informações de fundações das alas mais antigas, somente as vigas baldrame feitas de tijolos que ficaram visíveis após os recalques do solo ao redor da edificação.

Histórico

As análises da estrutura do Edifício E-008 vem sendo feitas desde 1999, quando foi entregue o primeiro Laudo Pericial por empresa contratada pelo PAMA-SP. Nesse Laudo, a Contratada relata um breve histórico da área, em que o rebaixamento do leito do Rio Tietê feito pelo Governo do Estado de São Paulo e a operação de um poço artesiano nas proximidades foram apontados como causadores da perda de saturação do solo argiloso, provocando sua contração, e conseqüente recalque das edificações e pavimentos do Parque. Atesta o comprometimento estrutural do E-008, observado através de trincas, afundamento de piso e afastamento de pilares, ilustrando com fotos de afundamentos dos pisos, trincas nas alvenarias e entre o piso e a alvenaria e deslocamento de juntas.

Em 2014, foi emitido um Parecer Técnico por técnicos do órgão de engenharia que apoia o PAMA, corroborando com as conclusões do Laudo supracitado, apresentando fotos de trincas nas alvenarias, rebaixamentos e trincas nos pisos, descolamento de laje e piso com a alvenaria, abertura de juntas, infiltrações através de trincas, além de movimentação em elementos estruturais. Esse Parecer “desclassifica o uso do mesmo para qualquer fim, levando em consideração o risco contra a vida de usuários e bens”. Ressalta ainda que a recuperação do mesmo é inviável financeiramente em comparação com uma nova construção do mesmo porte.

Um novo Relatório Técnico, elaborado pelo Centro de Estudos e Projetos de Engenharia da Aeronáutica - CEPE em 2015, leva em consideração os dois documentos citados, e apresenta novas informações. Relata que em 2014 ocorreu aumento das manifestações patológicas durante a seca que atingiu o Estado de São Paulo no período, e que o rebaixamento do solo é visível em outras edificações e no pavimento asfáltico em todo o PAMA-SP, corroborando a hipótese de recalque pela redução de saturação do solo. É dito que os pilares e fundações aparentam ter estabilidade, porém, há indícios de recalque nas fundações pela deformação de uma laje de piso superior. Constatou-se também que as alvenarias estão apoiadas sobre baldrames de tijolo, não havendo cintamento de concreto armado de travamento dos pilares. Ademais, não há projetos de estrutura e fundação do prédio ou estudos de solo nos arredores e ensaios para análise, de forma que não é possível garantir a capacidade resistente do solo, a estabilização do processo de contração do solo e a segurança estrutural da edificação. Destaca, por fim, as técnicas antigas utilizadas na construção, a idade da edificação (71 anos), a necessidade de demolição devido ao severo comprometimento dos sistemas de vedação e piso, e a incerteza sobre a funcionalidade dos demais sistemas e a respeito da não estabilização do recalque do solo. Conclui que, apesar de não apresentar indícios visuais de falência

estrutural, por todos os motivos citados, um retrofit do edifício ficaria oneroso e não vantajoso para a administração, tendo em vista todos os levantamentos, estudos e ensaios necessários para tal, tanto do solo quanto dos elementos estruturais.

Um último Parecer Técnico, de 2017, elaborado pelo Destacamento de Infraestrutura da Aeronáutica de São Paulo - DT-INFRA SP, após análise visual das manifestações patológicas, refuta os relatórios anteriores, atestando a segurança da edificação apesar da movimentação das alvenarias e pisos, alegando estabilidade dos elementos estruturais, e libera o prédio para ocupação de caráter administrativo, depois das devidas reformas.

Tendo em vista o cenário apresentado, com a discordância dos documentos citados baseados em inspeções visuais, além da carência de informações técnicas relevantes como projetos de estruturas e fundações, estudos de solo, informações de as built, etc., optou-se pela realização de prova de carga do edifício, de forma a avaliar a real situação e estabilidade da estrutura.

Metodologia / Desenvolvimento

Em outubro de 2017, foi feita vistoria com intuito de viabilizar a logística do ensaio de prova de carga, identificando fontes de água e energia, procedimentos para carregamento e descarregamento da lona, preparativos para colocação da lona na laje, etc.

Foram identificados os pontos críticos da estrutura, nas alas norte e sul, para definir a amostragem do ensaio, isto é, os pontos onde foram encontradas as manifestações patológicas mais severas, como grandes afundamentos de piso e espessuras significativas de trincas e fissuras com configuração de movimentação do edifício. Ademais, levou-se em consideração a visibilidade externa dos pontos para os equipamentos de topografia, visto que há vegetação rodeando o edifício, além da configuração arquitetônica interna para o posicionamento da lona para carregamento do ensaio na laje.

Diante do histórico apresentado e diagnóstico de recalque por movimentação do solo, o objetivo do ensaio era avaliar a estabilidade das fundações para fins de ocupação do edifício, medindo-se os deslocamentos à medida que as cargas típicas de projeto fossem aplicadas na estrutura. Diante da dificuldade de aplicar cargas diretamente na fundação em uma estrutura já existente, idealizou-se aplicar cargas nos pilares, que distribuem as cargas para a fundação, e medir os deslocamentos verticais dos mesmos, os quais retratariam um possível recalque da fundação. Da mesma forma, aplicando carga na laje do primeiro pavimento, as cargas são distribuídas para as vigas e pilares, que descarregam na fundação.

Sendo assim, foram ensaiados dois pilares, um na ala norte e um na ala sul, e uma laje da ala norte, localizados na Figura 2.

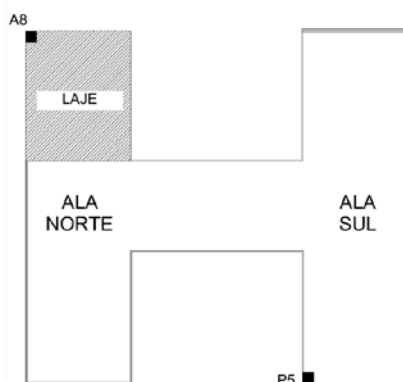


Figura 2 – Croqui do Edifício com locação dos dois pilares e laje ensaiados.

Foram seguidos os procedimentos das NBR 12131 (ABNT, 2006) e NBR 9607 (ABNT, 2012) de prova de carga de fundações e estruturas de concreto, respectivamente, com adaptações julgadas necessárias. Os pontos em que foram medidos os deslocamentos estão apresentados nas figuras 3 e 4, das Alas Sul e Norte, respectivamente.



Figura 3 – Pontos de medição de deslocamento na Ala Sul.



Figura 4 – Pontos de medição de deslocamento na Ala Norte.

De 6 a 11 de novembro de 2017 foram realizados os ensaios.

Iniciou-se com uma vistoria geral da edificação e inspeção detalhada nas regiões dos ensaios, com aferição do prumo dos pilares, medição de abertura de fissuras da estrutura, pisos e paredes para controle durante o ensaio, e marcação dos pontos para medição do deslocamento com equipamento de topografia, destacados com círculos verdes. A seguir, são apresentadas algumas fotos que ilustram a vistoria.

Feita a inspeção inicial, partiu-se para a execução dos ensaios.



Figura 5 – Ala Sul – Vistoria no 1º pavimento para ensaio no Pilar P5. Fissuras a 45° nas alvenarias, afundamentos no piso e pilares apurados.



Figura 6- Ala Norte – Vistoria no 1º pavimento para ensaios no pilar A8 e na laje. Fissuras a 45° nas alvenarias, pilares apurados e afundamentos no piso.

Anteriormente ao carregamento da estrutura, foram realizadas medições em todos os pontos indicados nas figuras 3 e 4 para servirem de referência durante o ensaio.

A carga aplicada na estrutura foi a indicada pela NBR 6120 (ABNT, 1980) para Laboratórios sem equipamentos pesados, de 300 kg/m², superior à indicada para Escritórios (200 kg/m²). O carregamento foi aplicado por etapas, conforme recomendam as

normas de referência, e, após cada carregamento, foram realizadas medições por meio de Estações Totais de topografia, em 1, 4, 8, 15 e 30 min.

A aplicação dos carregamentos foi feita através do enchimento de recipientes com água proveniente do sistema de contraincêndio do Parque, o qual possuía reserva com mais do que o dobro da necessidade do ensaio.

Os primeiros ensaios realizados foram as provas de carga nos pilares. Calculou-se a área de influência dos pilares ensaiados, de aproximadamente 5,3 m², totalizando carga máxima a ser aplicada de 1600 kg. A NBR 12131 (ABNT, 2006) recomenda dobrar a carga de projeto para realizar a prova de carga das fundações, porém, como a carga seria aplicada sobre o pilar, o procedimento não foi seguido para não sobrecarregar e danificar o mesmo.

No dia 07 de novembro, encheu-se um bladder com água sobre o pilar P5, na Ala sul, como mostra a Figura 7. Foram feitos 5 carregamentos de 400 L, com medições na base, no meio e no topo do pilar do 1º pavimento, como indicado na Figura 4.

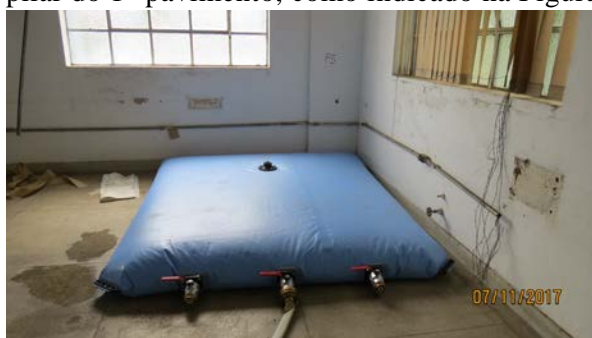


Figura 7 – Ala Sul – Ensaio no Pilar P5.

O pilar permaneceu carregado durante a noite, por mais de 12h, realizando-se nova medição no dia seguinte. Procedeu-se com o descarregamento do mesmo e o ensaio foi encerrado com a última medição, sem carregamento.

No dia 08 de novembro, iniciou-se o ensaio no pilar A8 da Ala Norte, com o mesmo procedimento do anterior, ilustrado na Figura 8. Nesse ensaio, porém, não houve medição com 400L, por problemas logísticos, e com mais de 12h, visto que seria feito o carregamento da laje na mesma área.



Figura 8 – Ala Norte – Ensaio no Pilar A8.

Ainda no dia 08, iniciou-se a prova de carga na laje da Ala Norte, de dimensões 14,35 x 17,86 m. Foram definidos 11 pontos de medição na parte externa, sendo 3 pontos em 3 pilares e um ponto em duas vigas, conforme já indicado na Figura 4.

O cálculo da carga aplicada seguiu o indicado no item 5.4.2 da NBR 9607:2012, com fator de carregamento $\Psi=1,1$ para “ensaios realizados após acidentes ou anomalias

observadas durante a execução ou vida útil de uma estrutura” aplicado sobre a carga de projeto de 300 kg/m², totalizando 330 kg/m², o que equivale a 33 cm de coluna d’água.

Utilizou-se uma lona plástica para armazenamento da água, como mostra a figura 10, onde foram aplicados 5 carregamentos de aproximadamente 15 t, equivalentes a 6 cm de coluna d’água cada, e um último carregamento pela metade, para atingir um total de 33 cm e aproximadamente 85 t.

No dia 08, foram realizados dois carregamentos, atingindo 12 cm de coluna d’água, até que o ensaio foi pausado ao anoitecer por não ter mais visibilidade para as medições com as Estações Totais. Na manhã do dia 09, o ensaio foi reiniciado, e durou todo o dia, atingindo o carregamento total com 33 cm à noite. O carregamento máximo foi mantido por mais de 12 h, realizando outra medição no dia seguinte.



Figura 9 – Ala Norte – Ensaio na laje.

Dia 10 de novembro iniciou-se o descarregamento da laje. Foram acionados a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e o Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo, que forneceram, respectivamente, bombas de recalque para expulsar a água e caminhão de contraincêndio para levar a água de volta ao reservatório do Parque, de modo a evitar o desperdício de 85 mil litros de água.

Por fim, restaram ainda aproximadamente 5 cm de coluna d’água que as bombas não conseguiram drenar, e foi retirada através de mangueiras por gravidade, no dia 11. Ao fim do descarregamento, foram realizadas novas medições em todos os pontos.

Resultados e Considerações

Os resultados das medições dos três ensaios encontram-se reunidos nos Gráficos 1 e 2 a seguir, dos ensaios nos pilares e na laje, respectivamente.

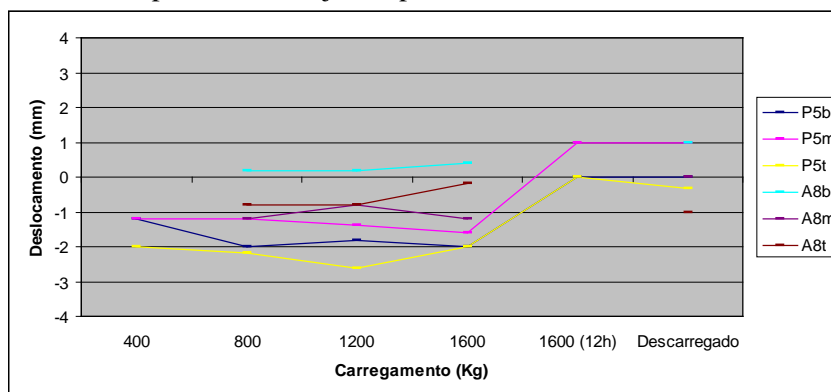


Gráfico 1 – Resultados das medições dos ensaios nos pilares P5 e A8.

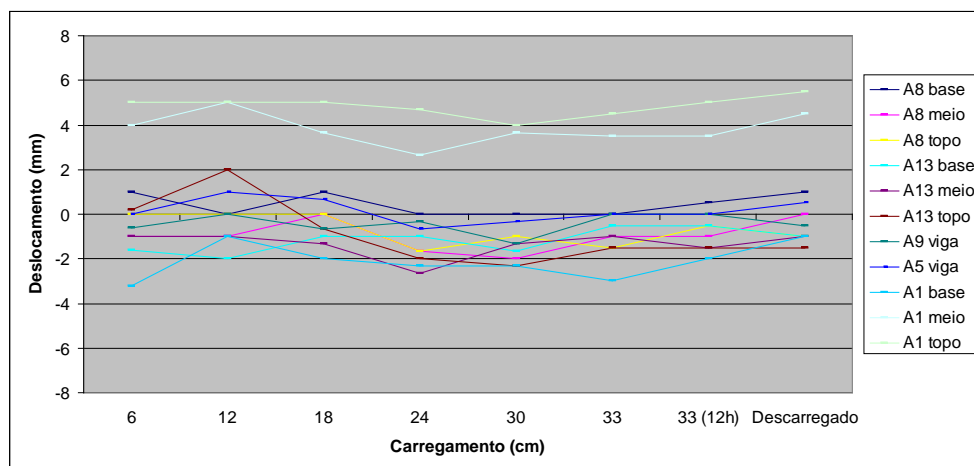


Gráfico 2 – Resultados das medições do ensaio na laje.

Importante salientar que os deslocamentos foram verificados a cada carregamento, assim como as aberturas de fissuras, de forma a dar continuidade ao ensaio de forma segura. Como podem ser vistos nos gráficos apresentados, os valores de deslocamento são considerados nulos, isto é, menores do que o erro de leitura do equipamento Estação Total, de 3 mm.

Exceção são os pontos A1meio e A1topo que tiveram deslocamento de 5 mm logo no primeiro carregamento. Esse deslocamento é aceitável, uma vez que ocorreu no pilar adjacente à junta de movimentação que liga o Tramo Central à Ala Norte e que não houve deslocamento no ponto A1base, indicando que não houve deslocamento da fundação, e sim uma provável inclinação no pilar devido ao carregamento imposto. O deslocamento manteve-se constante até o fim do ensaio, reforçando a conclusão de que foi uma acomodação natural da estrutura. Não se pode descartar a hipótese das cotas de referência dos pontos A1 terem tido erro de leitura, uma vez que foi feita apenas uma medição inicial e que a deformação permaneceu após o descarregamento. De modo a evitar erros de leitura, foram realizadas no mínimo 3 medições dos demais pontos.

Ressalta-se que o deslocamento máximo admitido para os pilares no ensaio era de 20 mm, referente ao recalque máximo admitido para garantir a estabilidade das fundações, de acordo com VELLOSO & LOPES, 2010. O deslocamento máximo das vigas era de 10 mm, conforme recomenda a NBR 6118 (ABNT, 2014) para vigas sobre alvenarias. Tais valores não foram ultrapassados em nenhuma das medições realizadas.

Ao fim de todos os ensaios, foi feita nova vistoria no prédio. Não foram identificadas novas fissuras ou aberturas daquelas vistoriadas anteriormente, nem desaprumo de pilares, ou qualquer indício de alteração na estrutura. Nas áreas em que houve vazamentos de parte da água utilizada nos ensaios, foram identificados pontos de infiltração de água na laje, principalmente em juntas mal vedadas.

Diante dos resultados apresentados, com a aplicação do carregamento de 300 kg/m², a fundação não apresentou recalques significativos, os pilares e vigas não apresentaram deformações excessivas e não ocorreu o surgimento de fissuras na estrutura, indicando que a edificação pode suportar o carregamento aplicado. Desta forma, pode ser feita a liberação do edifício para ocupação, limitada à carga supracitada, desde que sejam realizadas as reformas necessárias nos demais sistemas, como de alvenaria e piso.

Importante realizar ainda o acompanhamento periódico dos deslocamentos da estrutura com Estação Total, utilizando as cotas e pontos utilizados no ensaio, os quais foram deixados no local, visto que não há garantias que o processo de acomodação do solo foi

finalizado. O interior do edifício e seu entorno também devem ser vistoriados periodicamente em busca de novas fissuras e afundamentos.

Conclusão

Conclui-se que o ensaio de Prova de Carga, apesar de trabalhoso, pode ser conclusivo na aceitação ou rejeição de uma estrutura, complementando a análise visual e anamnese da edificação existente.

Após a execução das provas de carga, a fundação não apresentou recalques significativos, os pilares e vigas não apresentaram deformações excessivas e não ocorreu o surgimento de fissuras na estrutura, indicando que a edificação pode suportar um carregamento previsto em norma para áreas administrativas e laboratórios.

Bibliografia

- (1) OLIVEIRA, C. R. & JUNIOR, A. L. M. **Considerações sobre prova de carga em estruturas de concreto**, Rem: Rev. Esc. Minas vol.60 no.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2007.
- (2) ABNT NBR 12131 – Estacas - Prova de carga estática - Método de ensaio, 2006;
- (3) ABNT NBR 9607 – Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido — Procedimento, 2012;
- (4) ABNT NBR 6120 Versão Corrigida:2000 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, 1980;
- (5) VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010;
- (6) ABNT NBR 6118:2014 Versão Corrigida:2014 – Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.