



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

ANÁLISE DOS IMPACTOS FINANCEIROS PROVOCADOS POR REFORÇO DE FUNDAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA/MG

Edson Silva de Lima¹; Luan Serafim Mendes Gonçalves²; Luiz Humberto de Freitas Souza³

^{1, 3} Universidade de Uberaba

² Universidade Federal de Uberlândia

sepusilva@gmail.com; luizhumbertofsouza@gmail.com

Resumo

O reforço de fundações é necessário quando a capacidade de carga geotécnica destas não for suficiente para absorver as cargas oriundas da superestrutura de uma edificação. Isso ocorre, geralmente, devido a falhas no dimensionamento das fundações ou por acréscimo de cargas na superestrutura, como nos casos de mudança do tipo de ocupação. Neste estudo, será apresentado uma edificação onde houve falhas no cálculo estrutural. Para avaliar o impacto financeiro do reforço da fundação, foi orçado o seu custo e comparado com o de uma nova fundação redimensionada para os carregamentos corrigidos. Como era de se esperar, foi constatado que o reforço aumentou consideravelmente o custo da infraestrutura do empreendimento, o que ilustra a necessidade de cuidados especiais que se deve ter ao realizar o cálculo estrutural de uma edificação.

Palavras-chave: Cálculo Estrutural. Infraestrutura. Dimensionamento de Fundações.

1 Introdução

Considerando que a fundação é um elemento de transição entre a estrutura e o solo, seu comportamento está intimamente ligado a este quando submetido a carregamento. Logo, o tipo de fundação deve ser escolhido e dimensionado de acordo com as

características do solo detectado em sondagens e estudos preliminares. O problema é que as investigações geotécnicas executadas em obras brasileiras ainda são, em sua grande parte insuficientes ou simplesmente não são executadas.

As investigações geotécnicas são importantes para o cálculo das fundações, visto que elas podem reduzir as incertezas provocadas pela grande variabilidade do solo. Ao contrário de executar os ensaios de solo, muitas das vezes prefere-se adotar altos fatores de segurança e como consequência, aumentar consideravelmente o custo das fundações.

Essa certa negligência em relação às investigações geotécnicas aponta para um cenário que geralmente passa despercebido a muitos profissionais da engenharia civil. Enquanto a superestrutura das edificações é muito valorizada, a infraestrutura das edificações é deixada em segundo plano, o que acaba sendo uma recorrente causa de patologias nas edificações.

Geralmente as patologias se tornam perceptíveis pelo aparecimento de trincas, provenientes do recalque da estrutura. Neste momento, existe a necessidade de executar reforços nas fundações em questão.

Este trabalho tem por objetivo principal avaliar como falhas em projetos de fundações podem gerar graves problemas



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

financeiros, tanto para a empresa que as executam, quanto aos seus proprietários. Com isso, pretende-se demonstrar a importância que se deve dar aos cálculos e os cuidados em sua execução, visando evitar a necessidade de reforços futuros.

Para tanto, será apresentado um comparativo entre os custos da fundação de uma obra executada onde houve a necessidade de reforços e será realizado um comparativo entre os custos da fundação desta obra caso seu cálculo fosse executado corretamente desde o início do projeto.

2 Materiais e Métodos

A princípio será apresentada a solução adotada para as cargas iniciais e o reforço executado após a correção destas, levantando os custos dos dois tipos de fundações, atualizando-os para a data deste estudo, considerando o valor da mão de obra conforme Convenção Coletiva de Trabalho 2014/2015, firmada entre o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – Sinduscon-TAP e o Sindicato dos Trabalhadores na Indústria da Construção e do Mobiliário de Uberlândia, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – Sinticom-TAP.

Serão executadas as composições de custos e a Planilha de Orçamento dos serviços executados. Neste momento da pesquisa, as Composições de Preços Unitários – CPU, serão geradas com o auxílio das Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos – TCPO, da editora Pini (2013) e de acervo dos autores.

Em seguida, a fundação do edifício será recalculada para as cargas corrigidas, a fim de verificar os custos das fundações que seriam necessárias se,

desde o início do projeto o mapeamento das cargas na fundação estivesse correto.

Finalizados os cálculos da capacidade de carga e quantidades de estacas necessárias para o carregamento corrigido, serão elaboradas, com os custos unitários e os novos quantitativos dimensionados, as planilhas orçamentárias para comparação dos custos da nova fundação corrigida projetada com a fundação executada na obra.

3 Resultados

O projeto original da fundação foi concebido e executado em estacas do tipo “hélice contínua monitorada”, totalizando 3.232,00 metros lineares de estacas.

O reforço adotado no caso em estudo, devido às características da obra (cargas elevadas e pouco espaço para equipamentos de grande porte, necessidade de reduzir o espaçamento entre eixos das estacas), foi composto por Estacas Tipo Raiz, que são estacas injetadas nas quais se aplica, sob pressão, calda de cimento ou argamassa de cimento e areia, tendo por objetivo aumentar a resistência por atrito lateral e resistência de ponta, totalizando 2.310,00 metros lineares de estacas raiz executados.

Os custos unitários para execução das estacas tipo “hélice contínua monitorada” e dos reforços em estacas tipo “raiz”, que foram executadas, foram orçados, de acordo com as particularidades da obra, conforme Tabela 1.

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

Tabela 1 – Orçamento de execução da fundação com reforço

Descrição	Unid.	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
FUNDAÇÃO INICIAL				
Mobilização de perfuratriz - Hélice Contínua	vb.	1,00	10.000,00	10.000,00
Estaca hélice contínua Ø 40 cm	m	72,00	88,89	6.400,08
Estaca hélice contínua Ø 50 cm	m	1.880,00	123,48	232.142,40
Estaca hélice contínua Ø 60 cm	m	1.280,00	166,65	213.312,00
Armadura CA50/CA60	Kg	26.735,00	5,53	147.844,55
Corte e preparo da cabeça das estacas	un.	164,00	30,00	4.920,00
Remoção de material excedente (terra)	m ³	910,00	30,19	27.472,90
SUBTOTAL				642.091,93
REFORÇO DA FUNDAÇÃO				
Mobilização de perfuratriz - Raiz	vb.	1,00	18.000,00	18.000,00
Estaca raiz Ø 25 cm	m	528,00	150,29	79.353,12
Estaca raiz Ø 31 cm	m	1.782,00	190,37	339.239,34
Armadura CA50/CA60	Kg	11.031,00	5,53	61.001,43
Corte e preparo da cabeça das estacas	un.	105,00	30,00	3.150,00
Remoção de material excedente (lama)	m ³	200,00	40,37	8.074,00
SUBTOTAL				508.817,89
TOTAL DA FUNDAÇÃO				1.150.909,82

Para o cálculo de fundações constituídas por estacas (solução adotada de acordo com análise das sondagens executadas no local), o mais comum é utilizar métodos semiempíricos, sendo os desenvolvidos por Décourt e Quaresma (1978 – modificado em 1996) um dos mais confiáveis e utilizados por projetistas de fundações brasileiros, dimensionando a capacidade de carga das estacas através da resistência de ponta e atrito lateral.

Devido ao fato dos furos de sondagem não apresentarem variações significativas em relação aos resultados da estratigrafia e classificação dos solos, da posição do nível d'água e da medida do índice de resistência à penetração N_{SPT} , foi adotado o relatório de sondagem 01, como padrão para o dimensionamento das fundações da edificação.

Para efeito de comparação, a fundação do edifício será recalculada utilizando

estacas tipo hélice contínua monitorada, com diâmetros de 40 cm, 50 cm e 60 cm, cada uma com comprimentos de 21,00 metros lineares.

Com as capacidades de carga geotécnica das fundações, e as cargas em cada pilar, monta-se a Tabela de Cargas e Quantidades de Estacas, com a quantidade de estacas da obra, observando que o número de estacas, como afirmam Cintra e Albiero (1998, p. 16), é calculado pela divisão entre carga dos pilares, acrescida em 10% (dez por cento, relativos ao peso próprio da fundação), e a capacidade de carga geotécnica da fundação. A quantidade total de estacas é apresentada na Tabela 2.

Como os diâmetros das estacas hélice contínua-monitoradas recalculadas são os mesmos da fase inicial da obra, seus custos unitários também são os mesmos,

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

sendo os mesmos adotados na nova planilha de orçamento, conforme Tabela 3.

Tabela 2 – Quantidade de estacas

Estaca	Profund. (m)	Capacidade de Carga Geotécnica por Elemento Isolado de Fundação (tf)	Quantidade Total de Estacas (un.)
Estaca Hélice Contínua Ø 40 cm	21	78	30,00
Estaca Hélice Contínua Ø 50 cm	21	95	84,00
Estaca Hélice Contínua Ø 60 cm	21	118	88,00

Tabela 3 – Orçamento da fundação redimensionada

Descrição	Unid.	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
FUNDAÇÃO REDIMENSIONADA				
Mobilização de perfuratriz - Hélice Contínua	vb.	1,00	10.000,00	10.000,00
Estaca hélice contínua Ø 40 cm	m	630,00	88,89	56.000,70
Estaca hélice contínua Ø 50 cm	m	1.764,00	123,48	217.818,72
Estaca hélice contínua Ø 60 cm	m	1.848,00	166,65	307.969,20
Armação CA50/CA60	Kg	32.373,00	5,53	179.022,69
Corte e preparo da cabeça das estacas	un.	202,00	30,00	6.060,00
Remoção de material excedente (terra)	m ³	1.602,18	30,19	48.369,92
TOTAL DA FUNDAÇÃO			825.241,23	

4 Discussão

Inicialmente a fundação projetada e executada em estacas “hélice contínua monitorada” teve um custo orçado de R\$ 642.091,93 (seiscentos e quarenta e dois mil, noventa e um reais e noventa e três centavos). Esta fundação, no entanto, não foi suficiente para absorver as cargas da superestrutura e seu reforço, executado com estacas tipo “raiz”, acabou aumentando o custo da obra em R\$ 508.817,89 (quinhentos e oito mil, oitocentos e dezessete reais e oitenta e nove centavos), representando um acréscimo no preço original de 79,24% (setenta e nove vírgula vinte e quatro por cento). O valor de custo final da fundação executada totalizou, portanto, R\$ 1.150.909,82 (um milhão, cento e cinquenta mil, novecentos e nove reais e oitenta e dois centavos).

O custo da fundação redimensionada para as cargas corrigidas, em estacas tipo “hélice contínua monitorada”, ficou em R\$ 825.241,23 (oitocentos e vinte e cinco mil, duzentos e quarenta e um reais e vinte e três centavos). Este valor acresceu ao custo orçado inicialmente, sem o reforço, R\$ 182.149,30 (cento e oitenta e dois mil, cento e quarenta e nove reais e trinta centavos), o que corresponde a um acréscimo de 28,37% (vinte e oito vírgula trinta e sete por cento).

Comparando o valor de custo final da fundação executada com a fundação redimensionada, conforme Tabela 4, constata-se que houve um aumento de R\$ 326.668,59 (trezentos e vinte e seis mil, seiscentos e sessenta e oito reais e cinquenta e nove centavos) que poderiam ter sido economizados, caso a as cargas da superestrutura estivessem corretas no

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

início da concepção do projeto de fundações.

Tabela 4 – Comparativo Orçamentário

Fundação Inicial	R\$ 642.091,93
Reforço de Fundação	R\$ 508.817,89
Total da Fundação Executada	R\$ 1.150.909,82
Fundação redimensionada	R\$ 824.241,23
Diferença entre Fundação Executada e Redimensionada	R\$ 326.668,59

Estes resultados representam o acréscimo no custo direto da execução da fundação profunda. Não foi considerado, visto que não era o objetivo deste estudo, o aumento no custo da execução dos blocos de coroamento das estacas, mas vale lembrar que este também representa um impacto financeiro importante, podendo inclusive servir de objeto de estudo para futuras pesquisas.

5 Conclusão

Como era de se esperar, este estudo demonstrou que a execução de reforços de fundação pode gerar um impacto financeiro de grandes proporções em um orçamento de uma obra, com prejuízos, para o cliente e para o construtor.

O acréscimo de 39,63% (trinta e nove virgula sessenta e três por cento), está muito acima do valor da Taxa de Risco que geralmente é utilizado para cobrir erros eventuais no orçamento, na concepção dos projetos ou por incertezas em relação às informações do empreendimento (normalmente utiliza-se valores em torno de 3%).

Além do aumento do custo direto da obra, deve-se considerar também os custos com a equipe administrativa permanente local e central, que, com o acréscimo no prazo de execução do empreendimento devido aos serviços extras, tiveram que permanecer envolvidos com a obra por um tempo maior que o previsto inicialmente.

Somando-se a isso, gastos com a manutenção da estrutura de canteiro de obras, despesas com alimentação e transporte dos funcionários, despesas financeiras, o percentual acrescido ao custo direto, certamente, será ainda maior.

É importante considerar nessa análise um custo que muitas vezes é ignorado, mas que também gerou um impacto financeiro relevante no caso apresentado, que é o tempo que o edifício ficou sem gerar retorno aos investidores, já que se trata de uma obra comercial (para aluguel de salas. Mesmo considerando que nem todas as salas estariam alugadas no momento da conclusão da obra, um atraso, mínimo que seja, retarda o retorno do valor investido na mesma.

O resultado obtido reflete a preocupação que se deve ter com os cálculos das fundações, principalmente em dois pontos chave: as investigações geotécnicas e a certificação de que os cálculos dos carregamentos estão corretos.

As investigações são importantes, pois, não há como dimensionar uma fundação segura e econômica sem conhecer minimamente o solo em que ela será executada (o ideal seria que fossem executadas Provas de Carga, ainda em fase de elaboração ou adequação do projeto, como recomenda o item 6.2.1.2.2 da ABNT NBR 6122:2010, para diminuir as incertezas quanto a este). Essas Provas de Carga executadas nesta fase



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

podem ser descontadas da quantidade obrigatória indicada no item 9.2.2.1 da mesma norma.

Por outro lado, o cálculo correto do carregamento das fundações também é de suma importância, pois, um acréscimo posterior pode fazer com que, como foi o caso da obra em estudo, o reforço seja inevitável.

Em ambos os casos, a execução dos reforços nas fundações, em um determinado estágio de conclusão da obra onde o acesso às mesmas seja dificultado, acaba gerando impactos financeiros negativos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. 2. ed. Rio de Janeiro, 2010.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, Nelson. **Fundações por estacas**: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CINTRA, J. C. A.; ALBIERO, J. H. **Projeto de Fundações**. São Carlos: ESCOLA DE ENGENHARIA DE SAO CARLOS DA USP, 1998.

GOTLIEB, Mauri. Reforço de Fundações Convencionais. In: in HACHICH, Waldemar *et al.* **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

NETO, Antônio Dias F. N. Uma breve história das fundações. In: in HACHICH, Waldemar *et al.* **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R. **Fundações**: fundações profundas. Vol.2. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2013.