



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Reforço de fundação do Tipo Tubulão em Torres de Telecomunicações

Anderson Alvarenga Ferreira¹, Tulio Acerbi²

¹Universidade de Uberaba / andersonaf@outlook.com

²Universidade de Uberaba / tulio.acerbi@gmail.com

Resumo

Tem sido crescente a necessidade de estudos para determinar a capacidade de sobrecarga que uma estrutura pode receber para que seja feita uma adequação no seu uso ou às normas vigentes. Com frequência encontram-se estruturas que não atendem as condições de uso e precisam ser reforçadas. As torres de telecomunicações estão passando por este processo para que possam receber mais antenas devido às novas tecnologias e necessidade de melhor área de cobertura; e em pontes não é diferente, há uma demanda para adequá-las para o tráfego e trem tipo de hoje surgindo à necessidade de reforço para receber novas faixas de tráfego, acostamento e calçadas. As adequações na estrutura acabam afetando as fundações e optar pela alternativa de reforço eficiente e econômico é um desafio para os engenheiros. Este trabalho apresenta algumas soluções de reforço de fundação do tipo tubulão utilizada em centenas de torres pelo país nos últimos anos e que pode ser utilizada em outros tipos de estruturas.

Palavras-chave

Fundações; Reforço; Tubulão; Torres.

1 Introdução

Com o desenvolvimento do setor de telecomunicações torna-se necessário a instalação de torres por todo o país, além das milhares que foram instaladas nas últimas décadas. As torres existentes também recebem novos equipamentos, onde surge a necessidade de estudos para verificar se elas suportam este acréscimo de carga.

É comum identificar que o carregamento a instalar supera a capacidade de carga nominal da estrutura, sendo necessário reforço tanto na estrutura quanto na fundação. A modificação do uso de uma estrutura, na qual a solicita acima de sua capacidade de carga é o principal motivo de reforço de torres e fundações, mas também é comum a necessidade de reforço quando se faz avaliação estrutural utilizando normas diferentes das que foram utilizadas para o dimensionamento. Em fundações também podemos mencionar a falta de investigação do solo, análise e projetos de fundações incorretos, e falha nos procedimentos construtivos.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Avaliaremos neste trabalho torres do tipo autoportante que são as mais comuns em áreas urbanas, e quanto às fundações, avaliaremos as do tipo tubulão visto que esta solução é utilizada sempre que possível, tanto por alcançar solos com melhor capacidade de carga que estão em profundidades maiores, melhorando a resistência a compressão do elemento de fundação, quanto por obter melhor resistência à tração devido ao alargamento de base.

2 Investigações em Fundações Existentes

É de grande importância arquivar os projetos de fundação depois que a obra foi concluída, pois servirão de base para futuras reavaliações estruturais, seja para ampliação de carregamento, execução de obras próximas que podem afetá-las, perícias e investigações devido a comportamento inadequado e surgimento de patologias, dentre outros. Porém, é comum encontrar torres sem nenhum histórico da fundação e também há casos em que as informações existem, mas não chegam ao conhecimento de quem conduz os estudos.

Sem os projetos e investigações já existentes parte-se para a investigação da fundação existente. A sondagem a percussão conforme a NBR 6484/2001 é a primeira investigação a ser executada e os furos devem ser feitos o mais próximo possível dos pontos de apoio.

Em seguida iniciam-se as vistorias e investigações para mapeamento das dimensões das fundações. Começa-se com um croqui da área existente locando as fundações e levantando as dimensões dos blocos de coroamento. Em seguida parte-se para as escavações em um dos lados do bloco de coroamento até profundidade que permita a visualização da fundação.

Com parte do tubulão exposto, o fuste é escarificado para se verificar a bitola e disposição da armação do fuste. Logo em seguida é feita a recomposição do local escarificado com graute.

Para completar a investigação deve-se identificar a cota de apoio do tubulão e mapear as dimensões do alargamento de base, o acesso é feito por um poço de inspeção continuando a escavação já iniciada. É comum encontrar divergências de cota de assentamento e alargamento de base identificados em projetos existentes, o que mostra a necessidade de uma eficiente fiscalização e documentação durante as execuções.

A investigação é finalizada com o reaterro do poço de inspeção utilizando-se solo-cimento, que é lançado em camadas de 20 cm e é apilado. O processo é repetido até que a



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



cota de início das escavações seja atingida. A definição das proporções entre os materiais, umidade e técnica de compactação, devem ser levadas em consideração para alcançar os resultados esperados.

O solo em contato com o tubulão é responsável por parte da capacidade de carga da fundação a resistir os esforços de tração, retirando-o no momento da escavação, a capacidade da fundação resistir à tração fica comprometida, desta maneira, esta vistoria só pode ser realizada quando não houver ventos fortes, visto que os esforços de tração surgem devido à ação do vento na estrutura.

O reaterro é uma etapa muito importante para que não ocorra redução da capacidade de carga a tração, Ruver (2011) menciona que se o solo de reaterro tiver propriedades mecânicas inferiores ao terreno natural a superfície de ruptura provavelmente ocorrerá dentro do volume de solo do reaterro, desta maneira, é necessário fazer com que o reaterro tenha propriedades mecânicas superiores ao solo natural.

3 Capacidade de Carga

As torres de telecomunicações costumam ter o primeiro trecho inclinado, que segue até se atingir os últimos metros onde a torre passa a ter o trecho reto. Devido esta inclinação a fundação além de receber os esforços verticais, passa a receber esforços horizontais.

Os esforços verticais são tração e compressão. A compressão acontece devido ao peso próprio da estrutura, a sobrecarga de utilização que são os pesos dos equipamentos a instalar, de pessoas e equipamentos de manutenção e a ação do vento na estrutura e equipamentos instalados. Os esforços de tração são provenientes da ação do vento que se sobrepõem ao peso próprio da estrutura e são calculados conforme prescrito pela NBR 6123/1988.

Há vários métodos de cálculo da capacidade de carga de tubulões, há métodos de origem teórica, semi empírica e as totalmente empíricas. Os métodos teóricos de capacidade de carga não apresentam resultados satisfatórios para tubulões (CINTRA, AOKI e ALBIERO, 2003, p.69). Os mais utilizados são os já difundidos métodos de Aoki-Velloso, Décourt-Quaresma e o de Alonso.

Quanto à determinação da carga que o tubulão aplica no solo, já que em decorrência da carga horizontal e do momento fletor a tensão não é constante na base, utiliza-se o método Russo proposto para estacas rígidas e que foi adaptado pelo Engenheiro Paulo Faria para ser



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



usado em tubulões circulares de base alargada conforme mencionado por Alonso (1989). Caso o tubulão não seja classificado como rígido consultar Velloso e Lopes (2002). No cálculo da carga admissível em tubulões, adota-se que a resistência devido ao atrito lateral do fuste com o solo se anula com o peso próprio do tubulão. Todo o carregamento passa a ser transferido para o solo apenas pela base.

Deve ser feita verificação quanto ao arrancamento e o método mais utilizado é o do tronco de cone que considera a resistência à tração sendo o peso próprio do tubulão somado ao peso do solo contido em um tronco de cone que parte da base do tubulão e se abre até encontrar a superfície do terreno formando um ângulo α com a vertical, isto ocorre para tubulão com e sem base alargada. O ângulo formado é um valor empírico que varia com as propriedades do solo e diminuem com o aumento da profundidade, as recomendações práticas são de α entre 10° e 15° para solos fofos e com pouca consistência e de 20° a 25° para solos compactos e consistentes.

4 Reforço de tubulões

4.1 Acréscimo de 2 tubulões

O acréscimo de tubulões é uma das soluções mais utilizadas em reforço de torres, a solução consiste em acrescentar tubulões ao lado do existente e unir todos eles por meio de um bloco único. Os blocos são dimensionados para distribuir igualmente o esforço entre os tubulões, para tanto, eles são dimensionados de forma que sejam classificados como blocos rígidos, desta forma, os esforços são transferidos para os tubulões conforme o modelo de biela e tirante. Ao adicionar mais tubulões há aumento da resistência a tração e a compressão além de aumentar a rigidez do elemento estrutural e diminuir os recalques. Quando se adiciona dois tubulões o centro de carga continua coincidindo com o centro de gravidade da fundação evitando o acréscimo de esforços que ocorreriam caso houvesse excentricidade.

Durante o projeto deve ser especificado o processo executivo, recomenda-se escavar e concretar um tubulão por vez para evitar descalçar a fundação existente. As obras só podem acontecer quando não houver ventos fortes. As Figuras de 1 a 3 mostram detalhes do reforço. Há casos em que o bloco de travamento fica abaixo da cota de implantação.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:

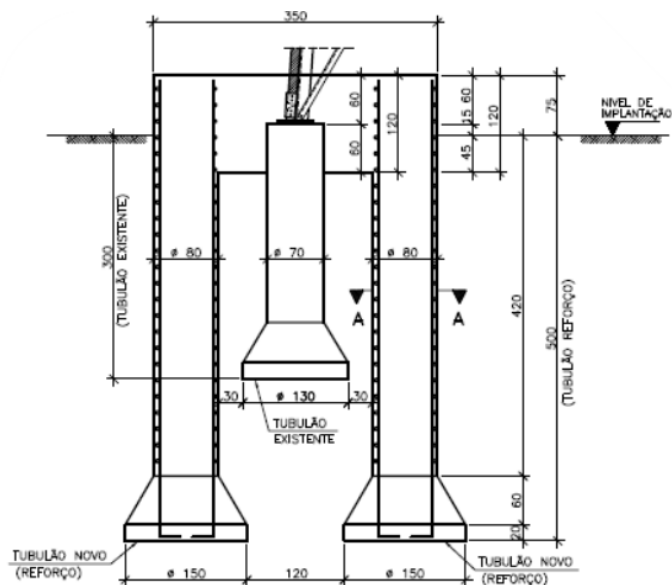


Figura 1 - Adição de 2 tubulões - Projeto em vista



Figura 2 – Armação do bloco de coroamento sobre tubulões de reforço



Figura 3 – Reforço pronto para concretagem



4.2 Acréscimo de 1 tubulão

Uma solução para o reforço de tubulões é adicionar apenas um tubulão ao invés de dois, neste caso é necessário considerar o aumento de cargas que surge devido à excentricidade entre o centro de carga e o centro geométrico da fundação. Um bloco também une os dois tubulões.

Quando o reforço fica a uma distância considerável da fundação existente é necessária uma viga de reação para ligar o bloco de coroamento dos dois tubulões. A distância que viabiliza o uso desta viga é a distância na qual um bloco unindo as duas fundações tivesse dimensões tais que não o classificaria como um bloco rígido. As vigas são submetidas a grandes esforços de flexão e cisalhamento. Esta solução é adotada quando há interferências que impossibilitem a execução com dois tubulões.

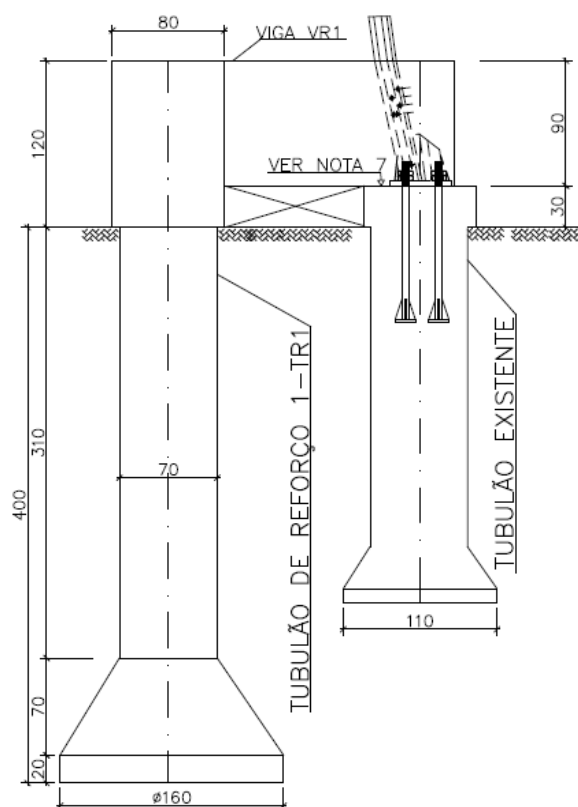


Figura 4 - Adição de 1 tubulão - Projeto em vista



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Figura 5 – Armação de viga de reação e reforço concluído

4.3 Tubulão em viga de travamento pelas laterais

Há casos mais complexos onde há interferência com equipamentos instalados que faz com que seja inviável a execução de tubulões para fora da área de projeção da torre, uma das soluções encontradas para viabilizar o reforço é a utilização de uma viga de travamento entre duas bases colocando-se um tubulão no meio delas. É um reforço bem mais caro que as soluções já apresentadas onde a viga têm que resistir a altos esforços de flexão e cisalhamento.

O reforço foi dimensionado para receber todo o esforço proveniente da torre desconsiderando a fundação existente que não tinha armadura suficiente para receber os esforços de tração. O reforço não é ancorado na fundação existente como mostrado nas outras soluções, ele recebe o carregamento diretamente da torre através da parte da viga localizada sobre o bloco existente. Para obter a aderência necessária da torre com a viga, foram soldadas aletas, feitas em perfis de cantoneira, no montante original.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21,22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

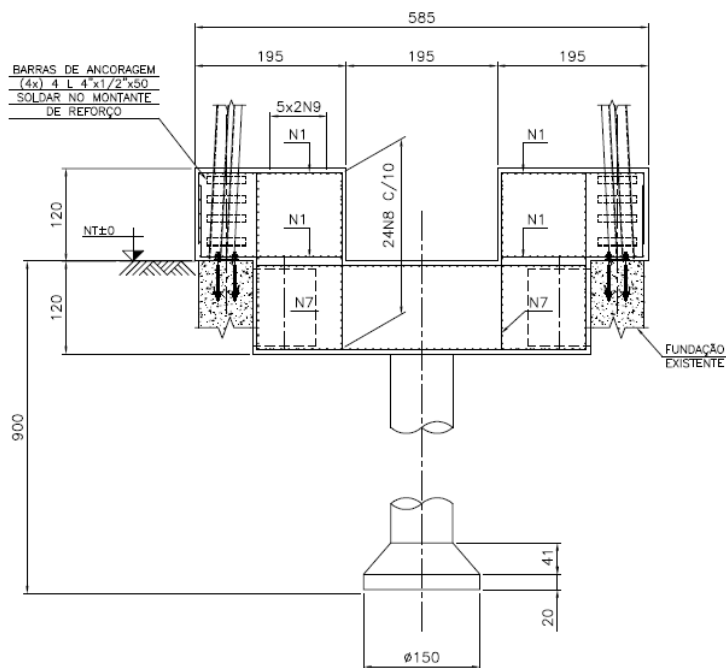


Figura 6 – Tubulão em viga de travamento – projeto em vista

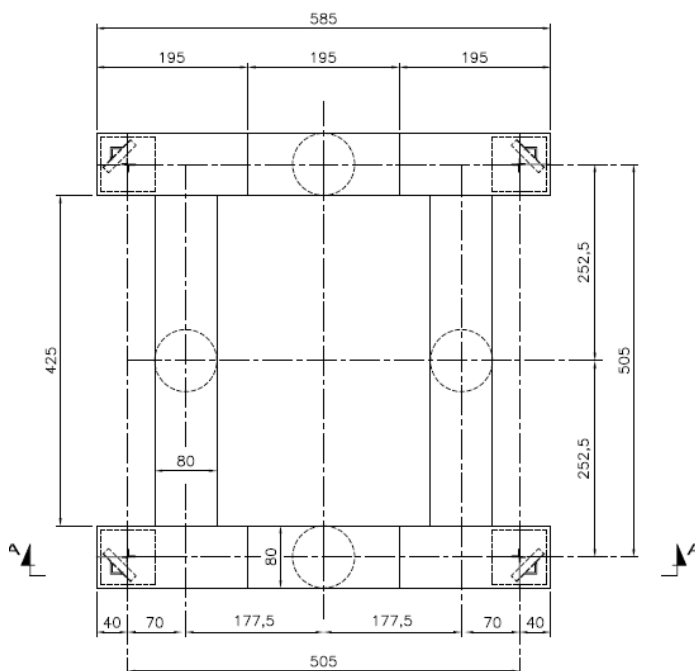


Figura 7 – Tubulão em viga de travamento – projeto em planta



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



5 Conclusão

O mercado necessita de profissionais com conhecimento em análise estrutural com ênfase em reforço de estruturas, o mercado de telecomunicações necessita de reforço de torres e suas fundações para viabilizar a expansão e operação da sua rede de maneira segura e eficiente.

Devido a não homogeneidade do solo e a todas as incertezas presentes na quantificação dos esforços, resistência dos materiais e comportamento das estruturas, não há um único método para prever a capacidade de carga dos solos e a carga admissível que um tubulão pode receber.

Cabe ao projetista avaliar os diversos métodos existentes para cálculo da capacidade de carga do solo e dimensionamento de tubulões e aplicar o que melhor atende a situação estudada, por isso, é importante entender como surgiram os métodos para que não sejam aplicados em condições diferentes das que foram elaboradas.

Foram mostradas diversas soluções de reforço de tubulões de torres de telecomunicações, algo que não se encontra com facilidade na literatura e que servirá de consulta para que outras pessoas aprimorem as técnicas e soluções aqui apresentadas.

Referências

- ALONSO, U. R. Dimensionamento de fundações profundas. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6122: projeto e execução de fundações - procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. NBR: 6123: forças devidas ao vento em edificações - procedimento. Rio de Janeiro, 1988.
- _____. NBR: 6484: execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1980.
- DECOURT, L.; ALBIERO, J.H.; CINTRA, J.C.A. Análise e projeto de fundações profundas. In: Fundações: teoria e prática. 2.ed. São Paulo: Pini, 1998. cap. 8. p. 265 -328.
- QUARESMA, Arthur Rodrigues et al. Investigações geotécnicas. In: Fundações: teoria e prática. 2.ed. São Paulo: Pini, 1998. cap. 3. p. 119-162.
- RUVER, C. A. Estudo do arrancamento de fundações em solos tratados com cimento. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CINTRA, J.A.; AOKI, N.; ALBIERO, J.H.. Tensão admissível em fundações diretas. São Carlos: Rima, 2003.
- VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Fundações: fundações profundas. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2002.