

CORROSÃO EM ESTACAS METÁLICAS: PROPOSTA PARA A REVISÃO DA NORMA NBR 6122/96

CORROSION IN STEEL PILES: PROPOSAL FOR REVIEW OF THE NBR 6122/96 CODE

CORROSIÓN EN PILOTES METÁLICOS: PROPUESTA PARA LA REVISIÓN DE LA NORMA NBR 6122/96

URBANO RODRIGUEZ ALONSO, FABIO DOMINGOS PANNONI

Resumo. Este trabalho levanta a discussão sobre o problema da corrosão em estacas metálicas de aço enterradas em solos naturais, com o objetivo de fornecer subsídios à Comissão Técnica encarregada de rever o atual texto da Norma NBR 6122/96.

Palavras-chave: estacas metálicas, corrosão.

Abstract. This paper raises the discussion on the problem of corrosion in steel piles driven into natural ground, with the objective to supply subsidies to the Technical Commission in charge of the Brazilian Standard NBR 6122/96 review.

Key words: steel piles, corrosion.

Resumen. Se presenta la discusión sobre la corrosión en pilotes metálicos de acero hincados en suelos naturales con objetivo de dar soporte a la Comisión Técnica que ahora está revisando el actual texto de la Norma NBR 6122/96.

Palabras clave: pilotes metálicos, corrosión.

1. Introdução

A atual norma brasileira de Projeto e Execução de Fundações (NBR 6122/96) está em processo de revisão, sendo o coordenador da Comissão Técnica o eng. Jaime Domingos Marzziona e o secretário o eng. Werner Bilfinger. O texto dessa revisão (à medida que a Comissão Técnica o vai revendo) está disponível no sítio da ABMS (www.abms.com.br). Com base no item 7.8.2.3.2 do atual texto da NBR 6122/96 as estacas metálicas de aço quando trabalharem total e permanentemente enterradas em solo natural deverão ser dimensionadas estruturalmente descontando-se uma espessura de 1,5 mm (1/16"), por face em contato com o solo, excetuando-se as estacas que dispõem de proteção especial de eficiência comprovada à corrosão.

Ainda segundo o item 7.8.2.3.1 da NBR 6122, no cálculo dos esforços resistentes, devem ser obedecidas as prescrições da NBR 8800 quanto

ao tipo de aço constituinte da estaca. Esta consideração nos leva ao item 9.7.6.1 da NBR 6122 que expõe: "a peça estrutural de qualquer fundação profunda deve ser verificada para atender ao coeficiente global não inferior a 2, de modo a permitir a aplicação do dobro da carga de trabalho da estaca ou do tubulão, conforme recomenda a NBR 12 131". Este assunto tem sido amplamente debatido entre os membros de revisão das normas NBR 6122 e NBR 12 131 já sendo consenso entre essas duas Comissões de que durante a prova de carga estática as incertezas das cargas e do ponto de aplicação das mesmas são menores do que aquelas que ocorrem na estaca quando esta trabalha na estrutura, e, portanto, neste caso, não se deve levar o ensaio até o dobro da carga de trabalho da estaca. O valor desta carga de ensaio, será definido na NBR 6122, onde está em discussão, e dependerá, inclusive, da quantidade de provas de carga a serem realizadas, mas sempre será um valor inferior ao dobro da carga de trabalho.

Urbano Rodriguez Alonso, Ex-Professor de Mecânica dos Solos e de Fundações do Mackenzie e da FAAP, atualmente, Engenheiro Consultor de Geotecnia e Fundações, R. Flávio Queiroz Morais 217, 01249-030 São Paulo, SP, Brazil. e-mail: u.rodriguez@uol.com.br.
Fabio Domingos Pannoni, Ph.D. Professor do Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da USP., R. Cenno Sbrighi, 170 05036-010 São Paulo, SP, Brazil. e-mail: fpannoni@ig.com.br.
Recebido em 13/5/2005; Aceitação final em 13/7/2005; Discussões até 31/8/2006.

Nota: O texto da nova Norma NBR 12 131 já foi aprovado pela Comissão encarregada de sua revisão e eliminou a necessidade de se carregar a estaca até o dobro da carga de trabalho, deixando esta definição a cargo da NBR 6122. Este texto encontra-se atualmente na ABNT para a etapa final, que é a de “Consulta Pública”. Esse texto revisto pode ser obtido no sítio da ABMS.

2. Corrosão do aço no solo

O processo de corrosão de estacas de aço cravadas em solos naturais tem sido exaustivamente estudado há várias décadas e é um fato já bem estabelecido que a velocidade do ataque é, de modo geral, muito pequena. Dentre os vários autores que têm se dedicado à área, pode-se citar Romanoff (1957), Romanof (1962), Shreir (1976), Morley (1978), Beckwith (1979), Eadie (1979), Eadie e Kinson (1980) e Morley e Bruce (1983).

Segundo nossa pesquisa bibliográfica, variáveis tais como o tipo de solo, resistividade elétrica e acidez não causam alterações sensíveis no comportamento da liga confinada no solo. O controle do ataque tem sido atribuído aos baixos níveis de oxigênio presentes nos solos naturais (incluindo aí as praias, rios, lagos, enseadas, etc), limitando o processo de redução catódica sobre o metal. Propriedades dos solos tais como composição química, resistividade, potencial redox e pH não são auxiliares na previsão da velocidade de corrosão do aço nestas condições.

O National Bureau of Standards (NBS) publicou, em 1957, um extenso (e, de certo modo, pioneiro) relatório sobre a corrosão de metais enterrados no solo que viria a se tornar referencial. O relatório descreve resultados de ensaios efetuados entre os anos de 1910 e 1955 com mais de 36.500 corpos-de-prova, representando 333 variedades de materiais ferrosos, não-ferrosos e materiais de proteção expostos em 128 diferentes locais nos Estados Unidos, compreendendo desde solos arenosos bem drenados até argilas muito compactadas, com resistividades que variaram de 300 Ω .cm a 50.200 Ω .cm e pH entre 2,3 a 8,6. Os dados confirmam que os solos naturais são tão deficientes em oxigênio que o aço não é afetado pela corrosão, independentemente do tipo de solo e suas propriedades.

É importante, entretanto, distinguir entre a corrosão de estacas metálicas cravadas em solos naturais, pouco oxigenados, e aquela que acontece em solos revolvidos, ricos em oxigênio, como aqueles encontrados, p. ex., em aterros recentes.

Em solos aerados, o uso do potencial redox, resistividade do solo e pH pode ser de algum valor na previsão da velocidade de corrosão, desde que alguns resultados prévios de desempenho tenham sido obtidos para calibrar os parâmetros medidos do solo. Este tipo de estudo, desenvolvido originalmente por Romanoff (1957) e, posteriormente, complementados por Booth *et al.* (1967) encontra algum respaldo experimental em ensaios de desempenho. A Tabela 1 fornece as

recomendações desses últimos autores para a qualificação da agressividade de solos aerados.

Deve ser enfatizado que estas recomendações dizem respeito somente aos solos que sofreram alguma modificação em sua estrutura, como os aterros ou solos revolvidos.

Segundo Teixeira (2004), verificações *in situ* de estacas metálicas cravadas na Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, em Cubatão, SP, complementadas com medidas de resistividade, mostraram velocidades médias de corrosão de 0,005 mm/ano. Valores de até 0,1 mm/ano foram encontrados em locais de aterro.

Tabela 1 - Valores de potencial redox e resistividade para a qualificação da agressividade de solos revolvidos, segundo Booth *et al.* (1967).

	Solo agressivo	Solo não-agressivo
Resistividade, Ω .cm e/ou	< 2000	> 2000
Potencial redox, V (EPH)* medido em pH = 7	< 0,400 ou < 0,430 se argila	> 0,400 ou > 0,430 se argila
Casos limites devem se avaliados através da medida do teor de umidade no solo	> 20%	< 20%

(*) V (E.P.H.) é o potencial medido com referência ao eletrodo padrão de hidrogênio.

A espessura metálica adicional recomendada pela NBR 6122/96 não encontra paralelo nos códigos de diversos países, como por exemplo os Estados Unidos e os países que compõem a comunidade européia. O valor adotado no Brasil (1,5 mm por face em contato com o solo) tem sido considerado, por vários especialistas, conservador. Estudos brasileiros recentes sobre os efeitos da corrosão sobre o tempo de vida das estacas metálicas mostram o conservadorismo da atual Norma e confirmam os resultados obtidos no exterior. Por exemplo, Velloso e Lopes (2002) relatam que o primeiro autor analisou estacas metálicas de aço utilizadas como fundações de edifícios no Rio de Janeiro, junto à Lagoa Rodrigo de Freitas e na orla marítima, assim como na antiga ponte na Av. Wandenkolk, sobre o Rio Tamanduateí, em SP (Figura 9.24 de Hachich *et al.*, 1998). Os autores ressaltam que, de modo geral, após 10 a 20 anos de uso, essas estacas retiradas não mostravam sinais de corrosão. Nota: A foto da Figura 9.24 citada foi obtida pelo primeiro autor deste trabalho (quando trabalhava junto com o prof. Dirceu Velloso) nas obras de canalização do Rio Tamanduateí.

3. Comentários Finais - Reavaliação Sobre a Espessura Devida à Corrosão

Pelo acima exposto há uma tendência em se reduzir a espessura da corrosão em estacas metálicas totalmente imersas em solo natural, como preconizada pela atual NBR 6122/96. Entretanto, esse assunto ainda não foi totalmente discutido pelos membros que trabalham na

revisão dessa norma. Daí o objetivo deste artigo, que é o de tornar esta discussão mais abrangente, permitindo que mais colegas se envolvam na mesma.

Atítulo de reforço desta proposta transcreve-se o item 10.3.5 da Norma Inglesa BS 8004:1986:

These investigations show that the residual thickness of steel piling driven into undisturbed soils remains within rolling thickness tolerances even after many decades of service. The best estimates that can be made of steel corrosion rates imply thickness losses of 1 mm to 2 mm over 100 years and in such circumstances, the use of protective systems cannot be justified. The isolated corrosion pitting at the groundwater table level reported in the literature (Romanoff), has, in no recorded instance, been of any structural significance.

Embora a vida útil de uma estrutura não seja claramente determinada no Brasil, os autores consideram que a vida útil de estruturas enterradas seja da ordem de 50 anos. (É um assunto que também necessita ser discutido junto à Comissão de revisão da NBR 6122. Talvez este período deva ser estendido para 100 anos). Segundo a ENV 1993-5 (Eurocode 3: Design of Steel Structures - Part 5: Piling) a perda observada numa estaca metálica cravada em solo natural pode ser considerada como sendo de 0,6mm para uma vida útil de 50 anos. Este é o valor que está sendo sugerido, neste trabalho, para a atual revisão da NBR 6122/96, pois cobre a experiência acima relatada e é o que já consta no Eurocode em sua última versão. Este valor também confirma a experiência inglesa transcrita na BS 8004:1986, ou seja, 1 mm a 2 mm em 100 anos, isto é, cerca de 0,5 mm a 1 mm em 50 anos.

Referências

- Beckwith, N.R. (1979) Corrosion Test Programme of Steel Piles in River Murray Swamp Land South Australia. Engineering and Water Supply Dept., South Australia.
- Booth, G.H.; Cooper, A.W.; Cooper, P.M. & Wakerley, D.S. (1967) Criteria of soil aggressiveness towards buried metals. Parts I, II and III. British Corros. J., 2, May.
- BS 8004 (1986) British Standard Code of practice for Foundations, Bsi.
- Eadie, G.R. (1979) The Durability of Steel Piles in Soils. Broken Hill Proprietary Co. Ltd. Melbourne Research Laboratories.
- Eadie, G.R. & Kinson, K. (1980) Examination of Steel Piling Recovered from Port Adelaide After 52 Years Service. Broken Hill Proprietary Co. Ltd. Melbourne Research Laboratories.
- ENV (1993-5), Eurocode 3: Design of Steel Structures - Part 5: Piling, CEN.
- Hachich, W.; Falconi, F.F.; Saes, J.L.; Frota, R.G.; Carvalho, C.S. & Niyama, S. (1988) Fundações - Teoria e Prática. Editora PINI, São Paulo, p. 377.
- Morley, J. (1978) A Review of the Underground Corrosion of Steel Piling. BSC Research Report n. T/CS/1114/78/C.
- Morley, J. & Bruce, D.W. (1983) Survey of Steel Piling Performance in Marine Environments. (ECSC Sponsored Research Contract n. 7210, KB/804), BSC Ref. n. 597-811.
- NBR 6122/96, NBR 8800/86 e NBR 12 131/05 em fase de consulta pública na ABNT.
- Romanoff, M. (1957) Underground Corrosion. National Bureau of Standards, Circular n. 579.
- Romanoff, M. (1962) Corrosion of steel piling in soils. NBS Journal of Research, 66-C, n. 3, p. 223.
- Shreir, L.L. (1976) Corrosion. 2nd ed. Newnes-Butterworths.
- Teixeira, A.H. (2004) Comunicação pessoal.
- Velloso, D.A. & Lopes, F.R. (2002) Fundações, v. 2, Fundações Profundas. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro. p. 17.



/g2base



@g2.base

www.g2base.com.br


O futuro se molda

