



Capitão-de-Corveta (EN) Adriano Nizer

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis Relativas ao PROSUB, a cargo da DOCM.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Curso de Extensão em Planejamento e Controle de Obras Públicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Curso de Engenharia Legal e Avaliações (PUC-Rio).



O USO DE PERFIS TUBULARES EM ESTRUTURAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

1. INTRODUÇÃO

A natureza disponibiliza ao homem uma fonte inesgotável de recursos, desde que explorada de forma consciente. Soluções simples e eficientes no campo da engenharia são encontradas no mundo que nos cerca, sendo uma delas as seções tubulares.

A forma do caule de bambu (Figura 1) e do osso do fêmur humano podem ser citados como dois exemplos da eficiência deste tipo de seção com relação a esforços de flexão, compressão e torção aos quais estão submetidos.

Figura 1 - Bambu.



Os perfis tubulares utilizados na construção civil admitem variadas formas, sendo as mais comuns: circular – CHS – *Circular Hollow Section*; retangular – RHS – *Retangular Hollow Section*; e a quadrada – SHS – *Square Hollow Section*.

O segredo da eficiência das seções tubulares com relação aos esforços de compressão está na sua geometria. Como nestas seções a distribuição de massa se dá em torno do seu centro de gravidade, o raio de giração delas é bem maior do que aquele que poderia ser obtido em perfis abertos equivalentes (perfis I, H, etc.). O maior raio de giração resulta em um índice de esbeltez menor para uma mesma carga, gerando economia na quantidade de aço e possibilidade de utilização de vãos maiores ou redução no número de pilares para uma mesma estrutura. Na Figura 2 há um comparativo de carga *versus* massa dos principais tipos de perfis utilizados na construção civil, onde pode ser observado que com uma massa menor, os perfis tubulares resistem a esforços maiores de compressão e flexão, não podendo deixar de ser citada a alta capacidade destas seções de resistir a esforços de torção.

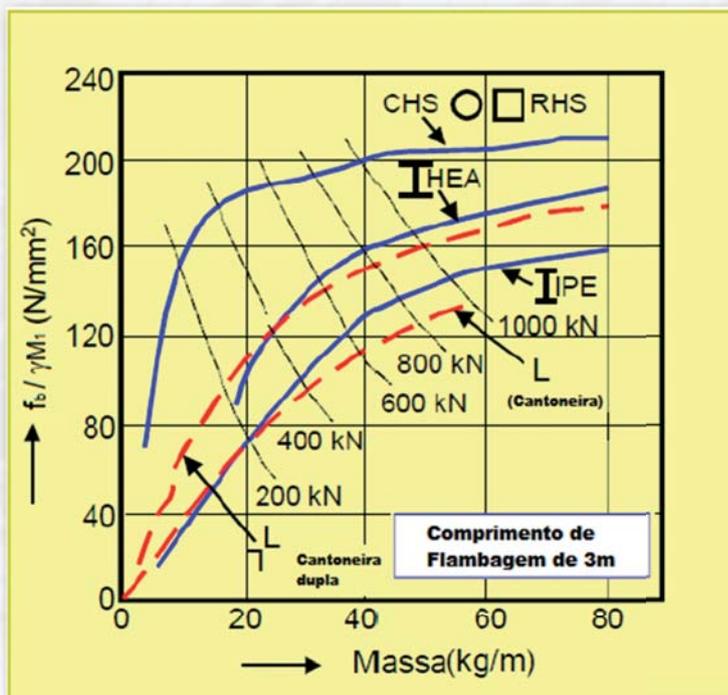


Figura 2 - Comparativo carga *versus* massa entre seções tubulares e abertas.

Outras vantagens também podem ser citadas, tais como o reduzido coeficiente de arrasto devido à ação do vento ou da água (Figura 3) e a reduzida área superficial e, por consequência, menores áreas de superfície suscetíveis à corrosão e pintura. A inexistência de cantos arredondados nos perfis tubulares também contribui para uma melhor proteção contra a corrosão (Figura 4).

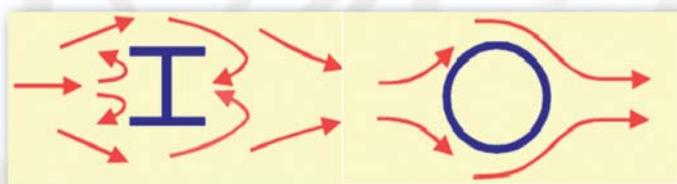


Figura 3 - Comparativo de arrasto entre seções abertas e fechadas.

Não se pode deixar de ressaltar o aspecto arquitetônico inovador, moderno e arrojado presente nas obras executadas com perfis tubulares, o que torna o uso deste material o mais requisitado atualmente para a concepção e construção dos mais variados tipos de obras.

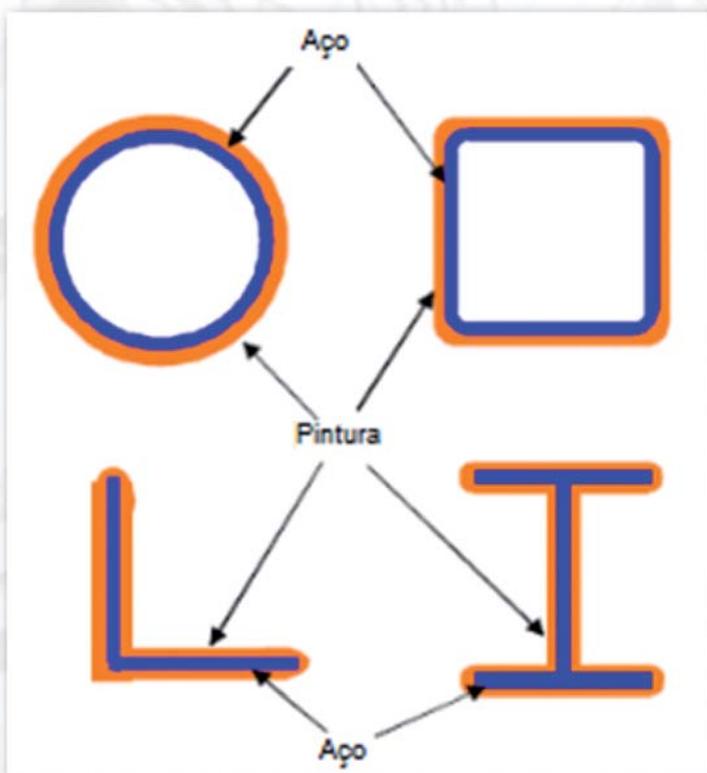
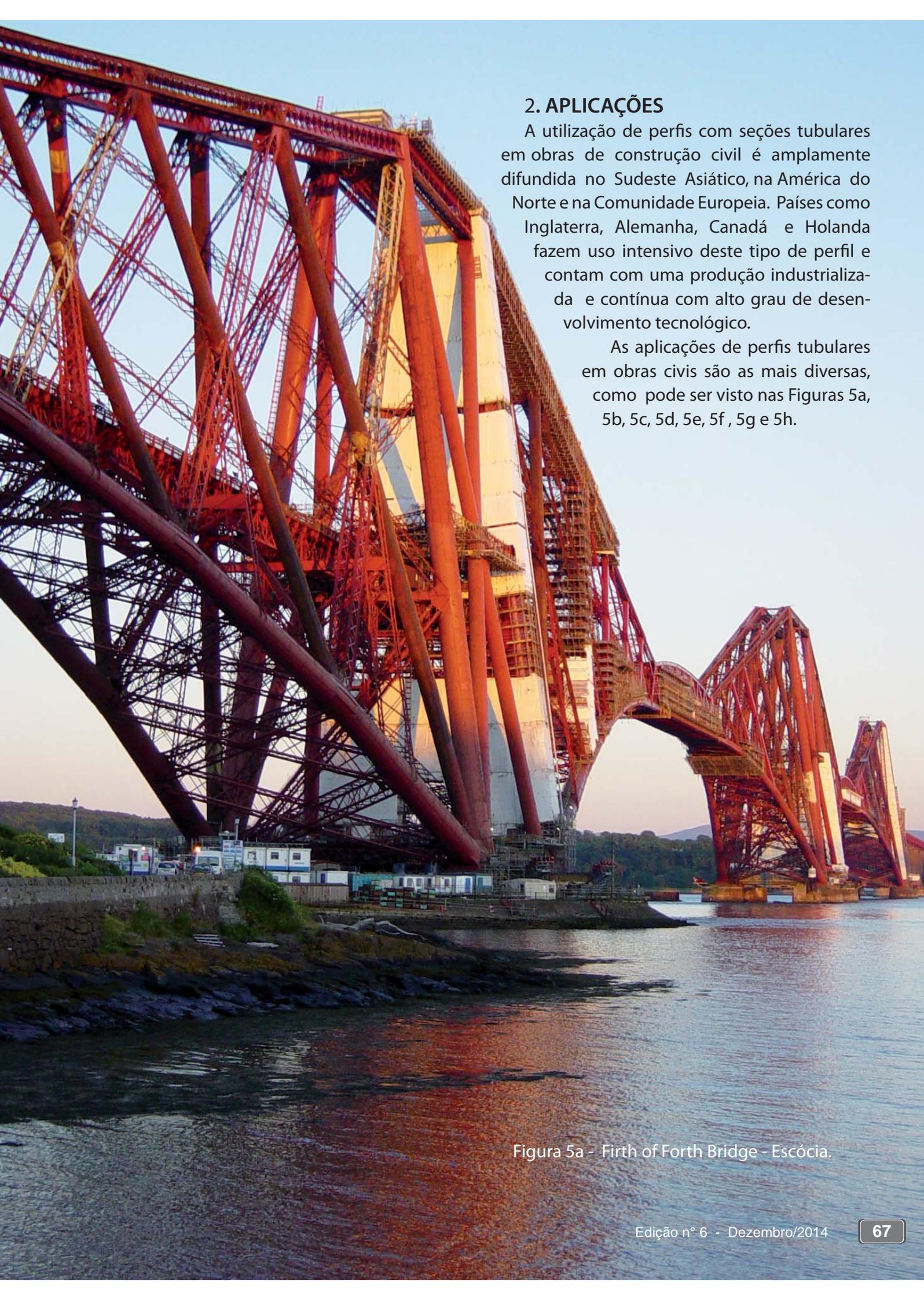


Figura 4 - Comparativo de superfícies entre seções abertas e fechadas.



2. APLICAÇÕES

A utilização de perfis com seções tubulares em obras de construção civil é amplamente difundida no Sudeste Asiático, na América do Norte e na Comunidade Europeia. Países como Inglaterra, Alemanha, Canadá e Holanda fazem uso intensivo deste tipo de perfil e contam com uma produção industrializada e contínua com alto grau de desenvolvimento tecnológico.

As aplicações de perfis tubulares em obras civis são as mais diversas, como pode ser visto nas Figuras 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g e 5h.

Figura 5a - Firth of Forth Bridge - Escócia.



Os perfis tubulares na construção civil podem ser utilizados em pontes, viadutos, coberturas, passarelas, edificações, aeroportos, etc., sendo também amplamente utilizados para composição de escoramentos e instalações provisórias dos mais diversos tipos, o que evidencia a grande versatilidade da utilização deste tipo de perfil na construção civil.

Figura 5b - Centro Esportivo da Universidade Positivo - Curitiba – PR.



Figura 5c - Ponte Ripshorster - Alemanha.



Figura 5d - Estação Cidade Nova – Metrô Rio – Rio de Janeiro - RJ.



Figura 5e - Viaduto Metrô Rio – Rio de Janeiro - RJ.



Figura 5f - Aeroporto Internacional de Bangkok - Tailândia.



Figura 5g - Villafranca de los Barros – Espanha.



Figura 5h - Arco Pedro Ernesto – BRT – Rio de Janeiro - RJ.

3. NORMAS TÉCNICAS PARA PROJETO DE ESTRUTURAS TUBULARES NO BRASIL

Nos últimos anos o Brasil foi impulsionado pela disponibilidade de perfis tubulares no mercado nacional produzidos por diversos fabricantes, dentre os quais pode-se destacar a Vallourec Tubos do Brasil (antiga Vallourec & Mannesmann do Brasil) e a Tuper S.A. Desta forma, ocorreu um aumento da utilização de perfis tubulares na construção civil, levando a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a elaborar, em 2013, uma norma técnica específica para este tipo de estrutura, a NBR 16239:2013 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares. Esta norma foi elaborada em conjunto com pesquisadores, empresas metalúrgicas, fabricantes de perfis e associações e serve para consolidar a difusão do uso de perfis tubulares em aço estrutural no país, permitindo uma padronização de projetos, considerada impossível anteriormente.

A NBR 16239:2013 baseia-se na norma Europeia Eurocode 3 Parte 1-8 (EC3 1-8), publicada pelo CEN - *European Committee for Standardisation*, em 1993. Esta, por sua vez, foi elaborada seguindo as recomendações de projeto constantes na 1ª Edição do Guia de Projeto de Estruturas Tubulares, publicado em 1992 pelo CIDECT - *International Committee for the Study and Development of Tubular Structures*. O CIDECT é uma organização internacional de fabricantes de perfis tubulares criada na década de 60 na Europa, com o objetivo de reunir recursos das indústrias, universidades e outros órgãos nacionais e internacionais para pesquisa e disseminação de informações técnicas, desenvolvimento de projetos, métodos matemáticos e divulgação de resultados em pesquisas e publicações a respeito do uso de perfis tubulares. No ano de 2008, o CIDECT lançou a 2ª Edição de seu Guia de Projeto de Estruturas Tubulares, incorporando as recomendações atualizadas do IIW - *International Institute of Welding*, onde foram apresentadas formulações e condições de geometria para o dimensionamento de ligações entre perfis tubulares em diferentes configurações, baseado no critério da resistência última para diversos modos de falha da ligação. Espera-se que a norma Europeia EC3 1-8 seja revisada, seguindo as novas recomendações constantes na última versão do Guia de Projeto publicado pelo CIDECT.

4. CONCLUSÃO

A utilização de perfis tubulares na construção civil apresenta grande crescimento e, definitivamente, a utilização deste tipo de perfil em estruturas será cada vez mais solicitado, face às suas vantagens mecânicas e apelo estético que as estruturas executadas possuem.

O lançamento da norma brasileira NBR 16239:2013 confirma esta tendência e representa um marco no desenvolvimento e no uso de perfis tubulares em estruturas na construção civil no Brasil.

O desenvolvimento de trabalhos a respeito de ligações entre perfis tubulares, representa um papel importante no entendimento de seu comportamento, favorecendo desta maneira a otimização de projetos.

Atualmente, o desenvolvimento de pesquisas na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Universidade de Campinas (Unicamp), em convênio com a Vallourec Tubos do Brasil, bem como na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), em convênio com a TUPER SA, demonstram avanço no campo de pesquisa nesta área, que se faz necessário para o desenvolvimento e capacitação de profissionais para sua utilização, assim como o incentivo à pesquisa e o desenvolvimento de trabalhos que visem um melhor entendimento do seu comportamento e das vantagens de sua utilização.



5. BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16239:2013 - Projetos de Estrutura de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares*, 2013.
- EUROCODE 3, prEN 1993-1-8: 2005. *Design of steel structures: Part 1-8: Design of joints*. CEN, European Committee for Standardisation, Brussels.
- Gerken, F. de S., 2005. *Projeto para estruturas em perfis tubulares*, Revista Tubo & Companhia - Ano I - Número 4.
- Nizer, A. *Avaliação da influência do esforço normal no banzo no comportamento de ligações tubulares em aço*, Dissertação de Mestrado, UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – PGECIV, 2014.
- IIW 2009. *Static design procedure for welded hollow section joints Recommendations*, 3rd Edition, International Institute of Welding, Sub-commission VX-E, Annual Assembly, Singapore, IIW Doc. XV-1329-09.
- Silva, Raphael Santos da. *Avaliação de ligações K e T entre perfis estruturais tubulares*, Dissertação de Mestrado, UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – PGECIV, 2012.
- WARDENIER, J.; KUROBANE, Y.; PACKER, J. A.; VEGTE, G. J. van der; ZHAO, X. L. *Design guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading*. CIDECT, 1a. Edição, "Construction with Hollow Steel Sections series", Verlag TUV Rheinland, 1996.
- WARDENIER, J.; KUROBANE, Y.; PACKER, J. A.; VEGTE, G. J. van der; ZHAO, X. L. *Design guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading*. CIDECT, 2ª. Edição, "Construction with Hollow Steel Sections series", Verlag TUV Rheinland, 2008.
- WARDENIER, J.; PACKER, J. A.; ZHAO, X. -L.; VEGTE, G. J. van der. *Hollow Sections in Structural Applications*, CIDECT, 2ª. Edição, 2010.
- WARDENIER, J.; PUTHLI, R.S.; VEGTE, G. J. van der. *Proposed corrections for EN 1993-1-8, Part "Hollow Section Joints"*. Tubular Structures XIV – Gardner (Ed.), 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62137-3.

