

## SUMÁRIO

1. BREVE HISTÓRICO
2. ESCOPO
3. TAMANHO E FORMATO
4. DIMENSIONAMENTO DE BARRAS TRACIONADAS
5. DIMENSIONAMENTO DE BARRAS COMPRIMIDAS
6. ANÁLISE ESTRUTURAL DE TRELIÇAS
7. LIGAÇÕES METÁLICAS
8. BASES DE PILARES
9. ELEMENTOS ESTRUTURAIS MISTOS
10. A IMPORTÂNCIA DA NORMA BRASILEIRA DE ESTRUTURAS TUBULARES
11. FUTURO DAS NORMAS BRASILEIRAS DE ESTRUTURAS DE AÇO
12. CONCLUSÕES



**Ricardo Hallal Fakury**  
*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)*

**João Alberto Venegas Requena**  
*Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)*

**Arlene Maria Sarmanho Freitas**  
*Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)*

**Roberval José Pimenta**  
*Codeme Engenharia*

**Afonso Henrique Mascarenhas de Araújo**  
*Vallourec & Mannesmann do Brasil (VMB)*

## 1. BREVE HISTÓRICO

Em agosto de 2008 entrou em vigor no Brasil a norma ABNT NBR 8800:2008, que trata do projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios à temperatura ambiente, com perfis soldados e laminados, incluindo nestes últimos os perfis tubulares, com e sem costura. Trata-se de uma norma atualizada, que adota como principais referências as normas européias EN 1993-1-1:2007 (*Design of Steel Structures—General Rules and Rules for Buildings*) e EN 1994-1-1:2007 (*Design of Composite Steel and Concrete Structures—Common Rules and Rules for Buildings*), a norma estadunidense ANSI/AISC 360-05 (*Specification for Structural Steel Buildings*) e a norma canadense CAN S16.1:2003 (*Limit States Design of Steel Structures*), que muito tem contribuído para o avanço das construções metálica e mista no Brasil. Adicionalmente, a ABNT NBR 8800:2008 foi cuidadosamente adaptada à realidade brasileira, tratando com consciência situações comuns em nosso país, que não têm paralelo em outros lugares, e fornecendo procedimentos simplificados para situações complexas, com objetivo de tornar o cálculo estrutural acessível ao maior número possível de profissionais.

Na elaboração da ABNT NBR 8800:2008, procurou-se, sempre que possível, manter sua compatibilidade com todas as normas brasileiras correlacionadas, desde os símbolos gráficos até os critérios de segurança adotados, envolvendo toda a parte relacionada a ações e suas combinações. No caso das estruturas mistas de aço e concreto, as referências a este último material são direcionadas à ABNT NBR 6118:2007 (Projeto de Estruturas de Concreto), com exceção do concreto de baixa densidade, que não é previsto pela mesma (no caso desse tipo de concreto, a referência é o EN 1992-1-1:2005 - *Design of Concrete Structures—Common Rules for Buildings and Civil Engineering Structures*).

Logo após a edição da ABNT NBR 8800:2008, percebeu-se a necessidade de se dotar o país também de uma norma específica para o projeto de estruturas de aço e mistas de aço e concreto de edifícios com perfis tubulares. Isso porque, apesar de esses perfis serem previstos na norma citada, muitas particularidades de seu comportamento não são totalmente contempladas. Na verdade isso ocorre inclusive com as normas internacionais, que sempre são complementadas por outro texto, na forma de anexo ou até de outra norma, para tratar especialmente, com o rigor necessário, dos perfis tubulares. Por exemplo, na Europa, a norma EN 1993-1-8:2007 (*Design of Steel Structures—General—Design of Joints*) aborda esses perfis e, nos Estados Unidos, a norma ANSI/AISC 360-05 possui um capítulo para tal (Chapter K). É interessante destacar que, neste último país, anteriormente à edição do ANSI/AISC 360-05, havia uma especificação independente do AISC para tratar das estruturas tubulares, a *LFRD Specification for Steel Hollow Structural Sections*, cuja última edição é de 2000.

Nesse contexto, foi constituído, sob incentivo da Vallourec & Mannesmann do Brasil (VMB), em agosto de 2008, um grupo de trabalho formado pelos professores Arlene Maria Sarmanho de Freitas, Eduardo de Miranda Batista, João Alberto Venegas Requena e Ricardo Hallal Fakury, respectivamente da UFOP, COPPE/UFRJ, UNICAMP e UFMG, e pelos engenheiros Afonso Henrique Mascarenhas de Araújo e Roberval José Pimenta, respectivamente da VMB e da CODEME Engenharia, para elaborar o texto-base de uma futura norma brasileira de projeto de estruturas de aço e mistas com perfis tubulares, que será denominado aqui TB-NBT:2010. Presentemente, após mais de duas dezenas de reuniões, o texto-base encontra-se praticamente finalizado e em fase de encaminhamento à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para ser, conforme exigências legais, inicialmente analisado em Comissão de Estudos e, finalmente, transformado em norma brasileira

## **2. ESCOPO DO TB-NBT:2010**

O TB-NBT:2010 adota o método dos estados-limites como, aliás, não poderia deixar de ser, e estabelece os requisitos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço e mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares e ligações com parafusos ou soldas, sob ações estáticas. Os perfis tubulares podem ter forma circular ou retangular (os perfis quadrados são considerados um caso particular dos retangulares) e podem ser com ou sem costura.

Durante a elaboração do TB-NBT:2010, nunca se perdeu de vista o fato de que ele conviveria, talvez por muito tempo, com a ABNT NBR 8800:2008. Assim, procurou-se sempre valorizar esta última norma, deixando claro que todas as suas prescrições, inclusive aquelas relacionadas aos perfis tubulares, permanecem válidas. Em outras palavras, o TB-NBT:2010 contém procedimentos mais precisos para algumas situações de comportamento dos perfis tubulares, mas não impede que os procedimentos da ABNT NBR 8800:2008 sejam utilizados. Além disso, o TB-NBT:2010 fornece procedimentos adicionais para situações não tratadas diretamente pela ABNT NBR 8800:2008.

Entre os procedimentos mais precisos, encontram-se respectivamente aqueles relacionados à determinação dos valores do coeficiente de redução da área líquida,  $C_t$ , de barras axialmente tracionadas e do fator de redução associado à resistência à compressão,  $\chi$ , de barras axialmente comprimidas. Os procedimentos adicionais referem-se a análise estrutural de treliças, ligações metálicas, bases de pilares e elementos estruturais mistos de aço e concreto (vigas mistas e pilares mistos).

## **3. TAMANHO E FORMATO**

O TB-NBT:2010 possui, no total, incluindo capa e sumário, cerca de 85 páginas (como comparação, lembra-se a ABNT NBR 8800:2008 tem 250 páginas) e é constituído por um corpo principal e dois anexos, um normativo e outro informativo.

No corpo principal encontram-se escopo, referências normativas, simbologia e unidades, análise estrutural de treliças, dimensionamento de barras tracionadas e comprimidas, ligações metálicas, vigas mistas de aço e concreto e pilares mistos de aço e concreto. O anexo normativo trata de detalhes relacionados às soldas das ligações e o anexo informativo fornece uma bibliografia complementar, com objetivo de passar aos usuários maiores informações sobre alguns assuntos mais trabalhosos.

É interessante destacar que aproximadamente 58 páginas do texto-base, o que corresponde a 68% do total, tratam da difícil questão das ligações envolvendo perfis tubulares (ligações puramente metálicas, ligações nas regiões de introdução de cargas em pilares mistos, ligações flangeadas, soldas, etc.).

## **4. DIMENSIONAMENTO DE BARRAS TRACIONADAS**

As barras tracionadas constituídas por perfis tubulares circulares e retangulares, com ou sem costura, devem ser dimensionadas de acordo com a ABNT NBR 8800:2008. Porém, o coeficiente de redução da área líquida,  $C_t$ , usado no cálculo da força axial de tração resistente para o estado-

limite último de ruptura da área líquida, quando a força atuante é transmitida por meio de uma chapa de ligação concêntrica, conforme mostra a Figura 1, pode ser dado por:

$$C_t = \left[ 1 + \left( \frac{e_c + 0,5t_c}{\ell_c} \right)^{3,2} \right]^{-10} \quad (1)$$

onde  $t_c$  é a espessura da chapa de ligação concêntrica,  $e_c$  é a excentricidade da ligação e  $\ell_c$  é o comprimento efetivo da ligação, tomado igual ao comprimento da solda na direção da força axial.

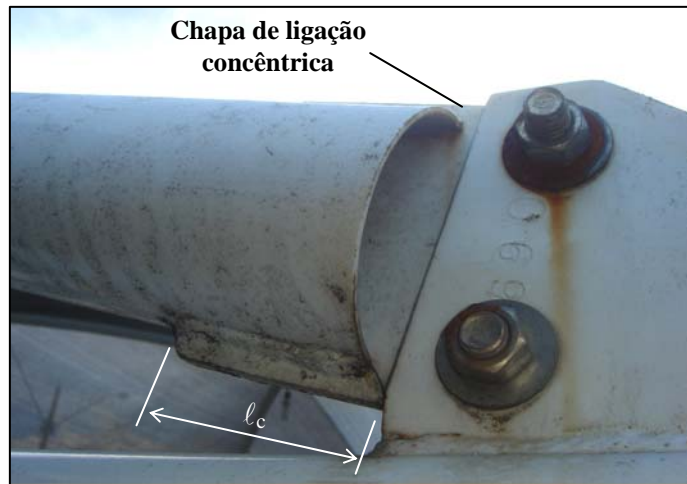
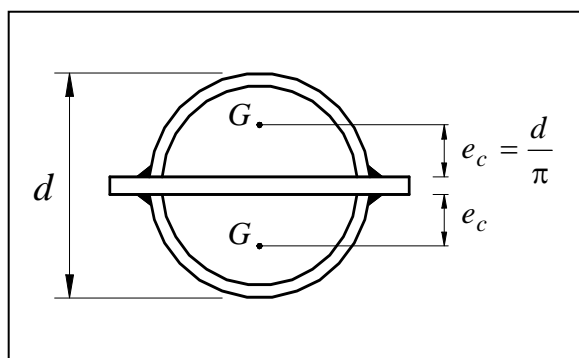
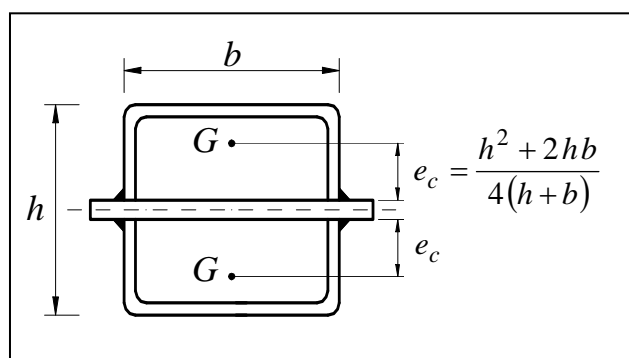


Figura 1 – Ligação de Barra Tracionada com Chapa Concêntrica

No caso de perfis tubulares, a excentricidade da ligação  $e_c$  é definida pela ABNT NBR 8800:2008 como a distância do centro geométrico de cada semi-seção da barra,  $G$ , formada pela chapa concêntrica, em relação ao plano de cisalhamento correspondente da ligação, como se vê na Figura 2. Essa figura fornece ainda valores aproximados da excentricidade.



(a) Perfil Tubular Circular



(b) Perfil Tubular Retangular

Figura 2 – Valores da Excentricidade da Ligação

O uso da Eq. (1) é válido desde que a ligação entre a chapa concêntrica e o perfil tubular seja executada de acordo com Figura 3 e que, ainda:

- nos perfis circulares, a relação entre diâmetro externo e espessura ( $d/t$ ) não supere 45;
- nos perfis retangulares, a relação entre a altura da seção transversal perpendicular à chapa de ligação e a espessura ( $h/t$ ) não supere 45.

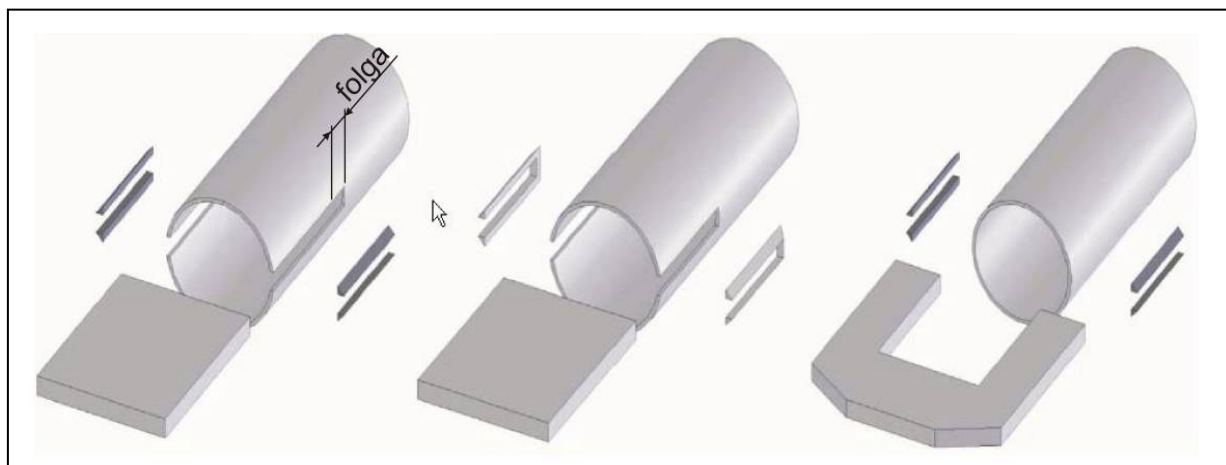


Figura 3 – Execução da Ligação entre Perfil Tubular (Circular ou Retangular) e Chapa Concêntrica

A novo procedimento foi incorporado ao TB-NBT:2010 e baseia-se em pesquisas recentes, que contemplam com maior precisão o comportamento dos perfis tubulares que o procedimento geral fornecido pela ABNT NBR 8800:2008, que tem por base o ANSI/AISC 360-05. De fato, por este último procedimento, quando a razão entre comprimento da ligação e o diâmetro do perfil tubular circular ( $\ell_c/d$ ) é igual a 1,30, o valor do coeficiente  $C_t$  varia abruptamente de 0,755 para 1,00, como mostra a Figura 4, indicando haver alguma inconsistência.

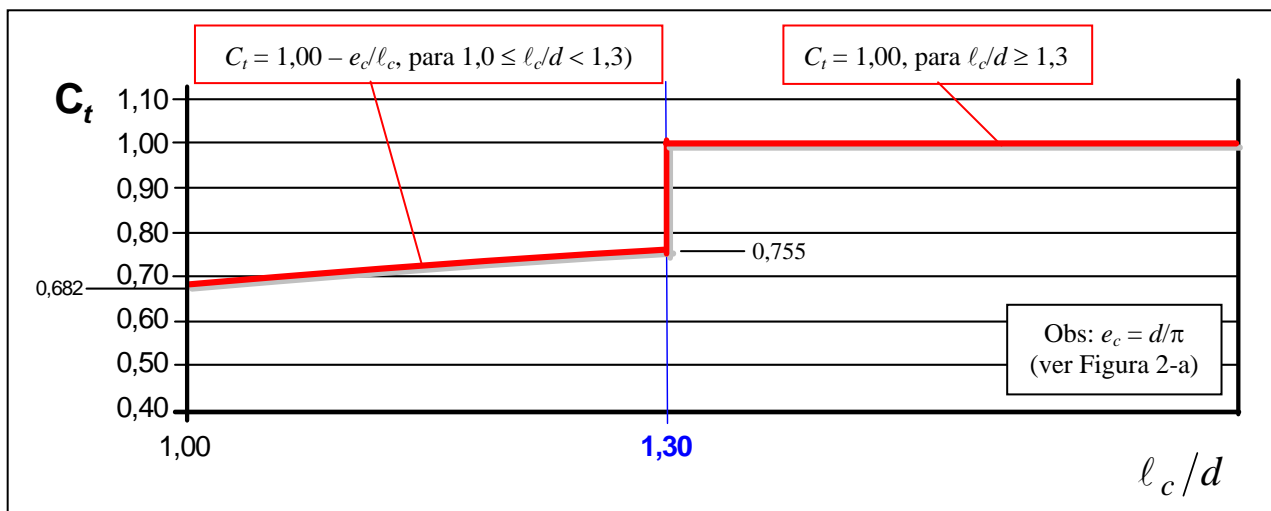


Figura 4 – Procedimento para Determinação do Coeficiente  $C_t$  da ABNT NBR 8800:2008

A Figura 5 mostra a boa concordância entre um conjunto de resultados de ensaios laboratoriais e análises numéricas para determinados perfis tubulares circulares e os resultados obtidos pelo procedimento do TB-NBT:2010. Nessa figura se vê também como os valores obtidos pelo procedimento da ABNT NBR 8800:2008 ficam distantes dos resultados dos ensaios e análises numéricas na faixa em que  $\ell_c/d$  se situa entre 1,0 e 1,3.

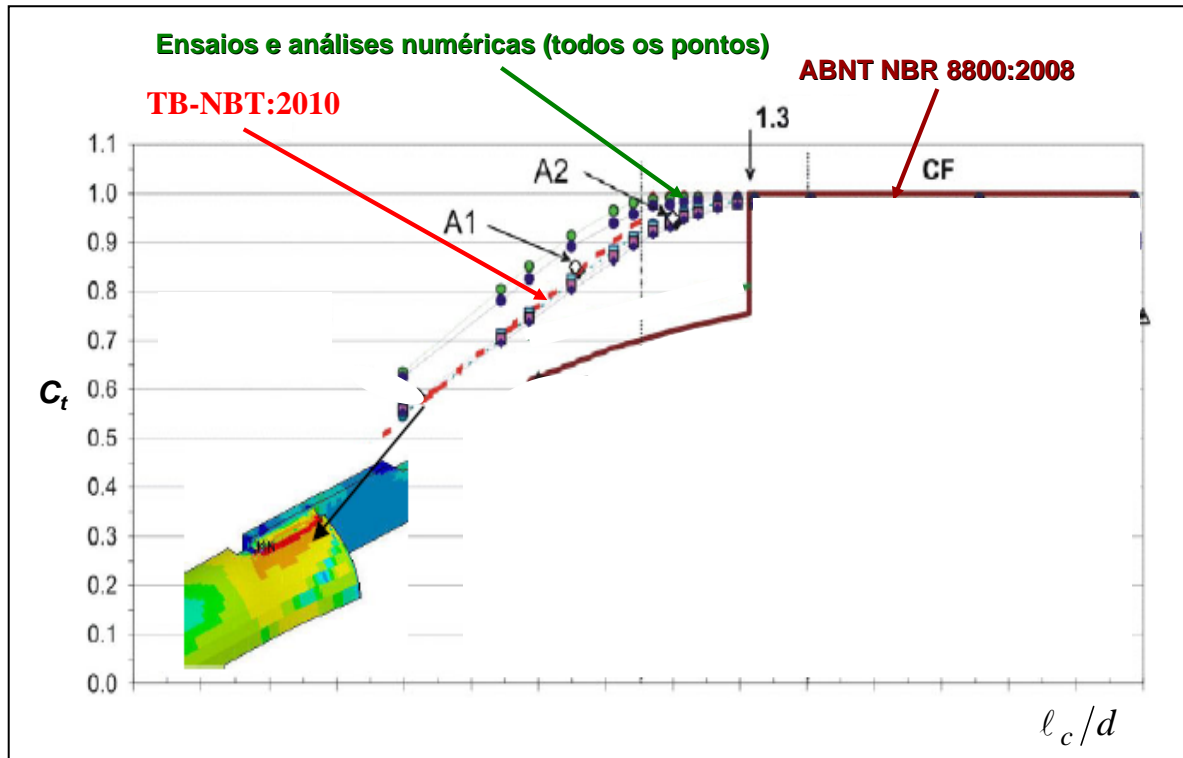


Figura 5 – Comparação entre Procedimentos para Determinação do valor do Coeficiente  $C_t$

Chama a atenção o fato de que quando  $\ell_c/d$  está entre 1,0 e 1,3, os resultados dos estudos experimentais e numéricos e do TB-NBT:2010 ficam bastante superiores aos da ABNT NBR 8800:2008, que são os mesmos do ANSI/AISC 360-05. Isso pode ser explicado considerando que o procedimento do ANSI/AISC 360-05 baseou-se apenas em ensaios de perfis tubulares circulares para  $\ell_c/d$  próximo ou superior a 1,30 (possivelmente os únicos disponíveis na época), nos quais se obteve  $C_t$  em torno de 1,0. Assim, simplificada e conservadoramente, para  $\ell_c/d$  inferior a 1,30, acredita-se que o ANSI/AISC 360-05 optou por adotar o mesmo procedimento desenvolvido e devidamente comprovado para os perfis de seção aberta.

## 5. DIMENSIONAMENTO DE BARRAS COMPRIMIDAS

A força axial de compressão resistente de barras com curvatura inicial depende da intensidade e da distribuição de tensões residuais na seção transversal. Entre as seções transversais que apresentam tensões residuais menos severas (com menor intensidade e distribuição mais favorável) encontram-se as tubulares laminadas a quente (ver Figura 6).





Figura 6 – Laminação a Quente de Perfis Circulares

A ABNT NBR 8800:2008 adota uma única curva de resistência à compressão para todas as seções transversais, a mesma prescrita pelo ANSI/AISC 360-05. O TB-NBT 2010, por sua vez, dentro de seu objetivo de contemplar com mais rigor o comportamento das estruturas com perfis tubulares, prescreve, como opção, o uso da curva de resistência da norma canadense CAN S16.1:2003, desenvolvida para esses perfis e alguns outros que sofrem pequena influência das tensões residuais na redução da força de compressão resistente. Essa curva de resistência é expressa pelo fator de redução associado à resistência à compressão dado por:

$$\chi = \frac{1}{\left(1 + \lambda_0^{4,48}\right)^{1/2,24}} \quad (2)$$

A Figura 7 fornece os valores do fator de redução associado à resistência à compressão,  $\chi$ , dividido pelo coeficiente de ponderação da resistência da ABNT NBR 8800:2008 e do TB-NBT 2010,  $\gamma_a$ , além dos valores para os perfis tubulares laminados à quente da norma europeia EN 1993-1-1:2007 (a chamada curva *a* dessa norma), em função do índice de esbeltez reduzido,  $\lambda_0$ . Lembra-se que o coeficiente de ponderação da resistência é igual a 0,90 nas normas brasileiras e 1,0 na norma europeia. O intuito de se mostrar aqui a relação  $\chi/\gamma_a$  é proporcionar uma visão das diferenças entre os valores da força axial de compressão resistente de cálculo para o estado-limite último de instabilidade global nas diversas normas, que são devidas exclusivamente a essa relação.

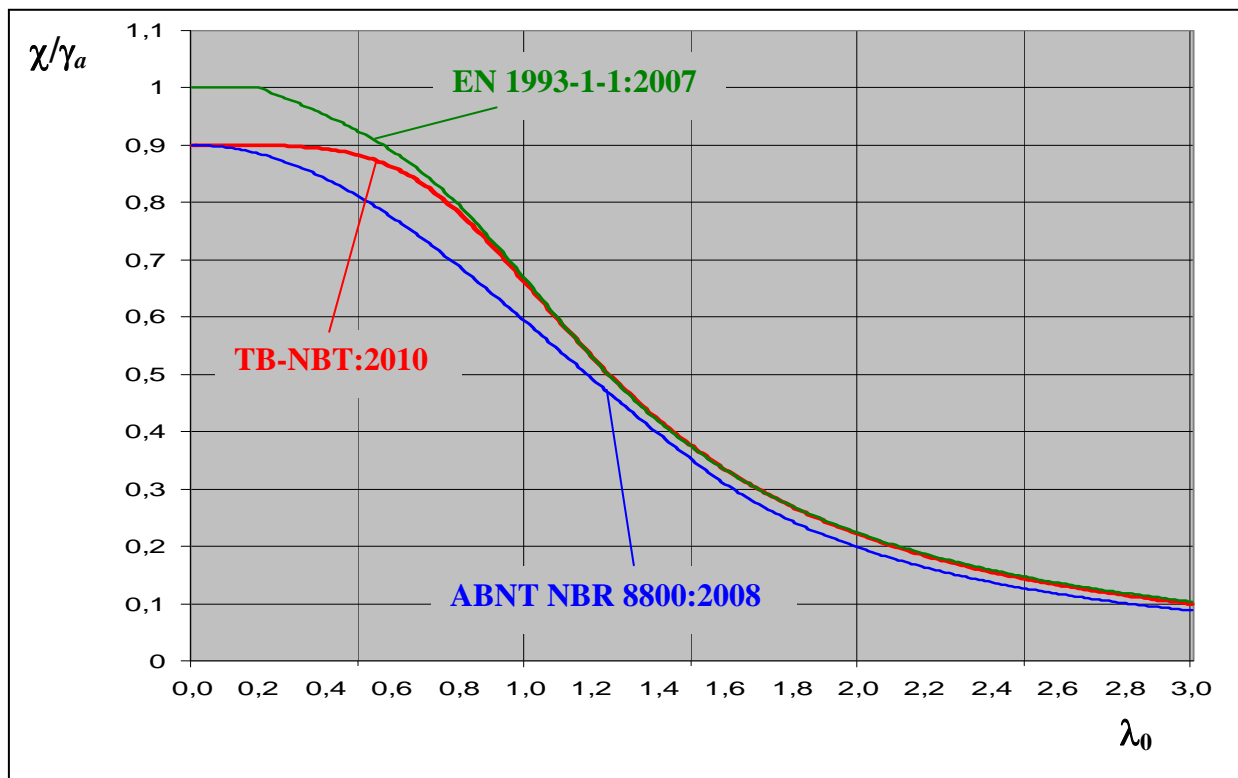


Figura 7 – Valores da relação  $\chi/\gamma_a$  em função de  $\lambda_0$

Observando-se a Figura 7, verifica-se que a força axial de compressão resistente de cálculo do TB-NBT:2010 fica muito próxima do EN 1993-1-1:2007 e acima da ABNT NBR 8800:2008 para  $\lambda_0$  igual ou superior a 1,0. Para  $\lambda_0$  inferior a 1,0, a força fica entre o EN 1993-1-1:2007 e a ABNT NBR 8800:2008, se afastando da primeira e se aproximando da segunda norma à medida em que o valor de  $\lambda_0$  se reduz.

O TB-NBT:2010 permite que sua curva de resistência seja usada para outros perfis tubulares além dos laminados à quente, incluindo, por exemplo, aqueles com costura e aqueles que sofreram algum trabalho a frio para mudança de forma após a laminação, desde que sejam tratados termicamente para alívio de tensões.

## 6. ANÁLISE ESTRUTURAL DE TRELIÇAS

As treliças constituídas por perfis tubulares, muitas vezes, por dificuldades construtivas, costumam apresentar excentricidade nos nós (os eixos longitudinais de diagonais e montantes, se houver, não se encontram com o eixo longitudinal do banzo em um mesmo ponto), conforme ilustra a Figura 8.



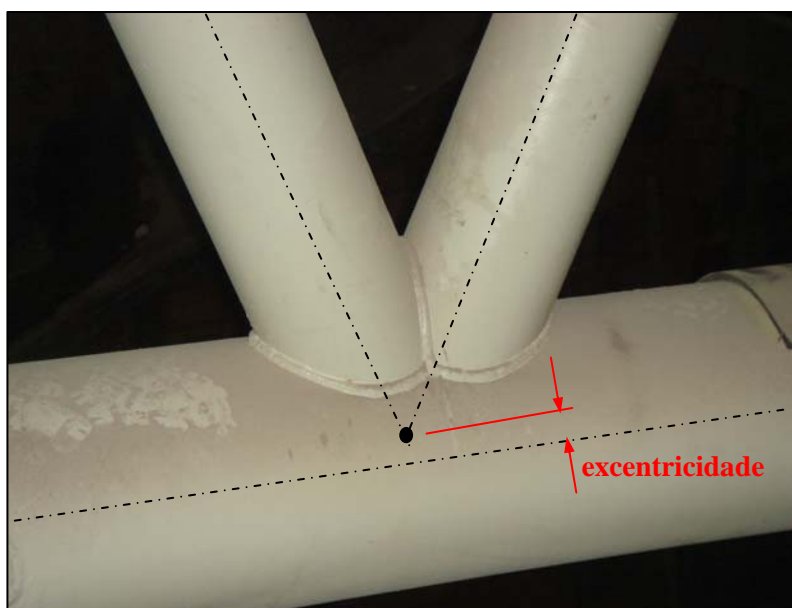


Figura 8 – Ligação com Excentricidade

O TB-NBT:2010 prescreve como as excentricidades devem ser consideradas na análise estrutural, uma vez que podem provocar momentos fletores significativos nos banzos, seguindo as recomendações da norma EN 1993-1-8:2007 e do CIDECT (*International Committee for the Development and Study of Tubular Structures*), entidade europeia reconhecida como referência no estudo de estruturas tubulares.

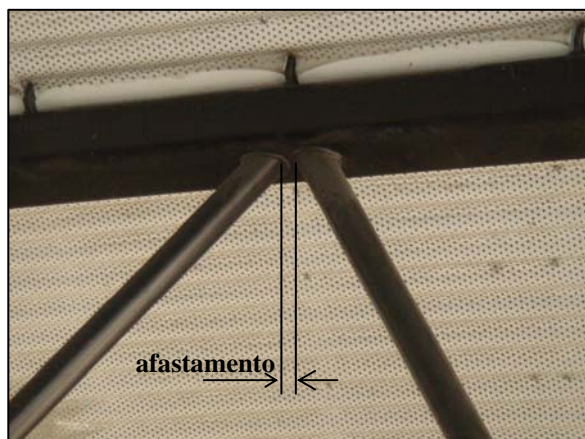
Um outro aspecto importante relacionado aos nós de treliças formadas por perfis tubulares diz respeito à rigidez das ligações, que permite que os comprimentos de flambagem das barras sejam tomados com valor inferior a 1,0.

## 7. LIGAÇÕES METÁLICAS

O assunto mais complexo abordado pelo TB-NBT:2010 e, conforme já foi explicitado anteriormente, também um assunto que ocupa parte significativa do texto, refere-se às ligações metálicas uniplanares e multiplanares, entre apenas perfis tubulares e entre perfis tubulares e perfis de seção aberta.

O TB-NBT:2010 fornece a resistência dos mais diversos tipos de ligações, expressa em termos da força axial resistente de cálculo ou momento fletor resistente de cálculo das barras ou chapas que chegam em um banzo, tendo como referências principais as normas EN 1993-1-8:2007 e ANSI/AISC 360-05, além das publicações do CIDECT.

Sucintamente, existem fórmulas específicas para determinação da resistência, dispostas em mais de vinte tabelas, contemplando ligações com afastamento (quando diagonais e montantes não se interceptam antes do encontro com o banzo) e com sobreposição (quando diagonais e montantes se interceptam antes do encontro com o banzo), como se vê na Figura 9, de doze tipos (esses tipos são definidos em função da forma - como ilustração, a Figura 10 apresenta quatro tipos muito usados, os tipos K, KT, N e T). Nota-se que a ligação mostrada anteriormente, na Figura 8, é com sobreposição, e que as ligações mostradas na Figura 9 são do tipo K.

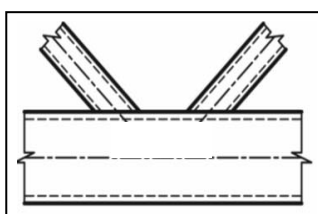


(a) Com Afastamento

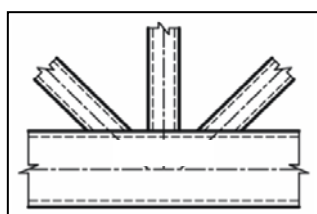


(b) Com Sobreposição

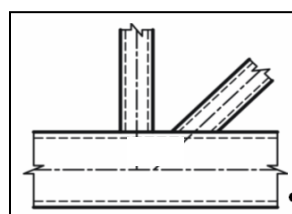
Figura 9 – Exemplos de Ligação com Afastamento e com Sobreposição



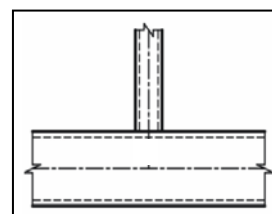
(a) K



(b) KT



(c) N



(d) T

Figura 10 – Ilustração de Alguns Tipos de Ligações Metálicas

Nas fórmulas de resistência é levada em conta a possibilidade de ocorrência de diversos modos de falha, dois aplicáveis a ligações entre banzos e diagonais ou montantes em perfis tubulares circulares, seis aplicáveis a ligações entre banzos e diagonais ou montantes em perfis tubulares retangulares e cinco aplicáveis a ligações entre banzos em perfis I ou H e diagonais ou montantes em perfis tubulares circulares ou retangulares. Como ilustração, a Figura 11 mostra quatro modos de falha para o caso de ligações envolvendo apenas perfis tubulares retangulares.



a) Plastificação da Face ou da Seção do Banzo



b) Plastificação ou Instabilidade por Cisalhamento do Banzo



c) Ruptura da Solda de Diagonal ou Montante



d) Flambagem Local de Diagonal ou Montante

Figura 11 – Alguns Modos de Falha Aplicáveis a Ligações entre Perfis Tubulares Retangulares

O TB-NBT:2010 fornece ainda todos os requisitos para dimensionamento das ligações flangeadas, ou seja, ligações entre perfis tubulares circulares ou retangulares executadas por meio de chapas transversais soldadas aos perfis e parafusadas entre si, como se vê na Figura 12. Essas ligações são muitas vezes empregadas para dar continuidade a componentes da estrutura que possuem comprimento elevado. Os modos de falha são escoamento das chapas de flange, ruptura por tração dos parafusos e ruptura da solda.

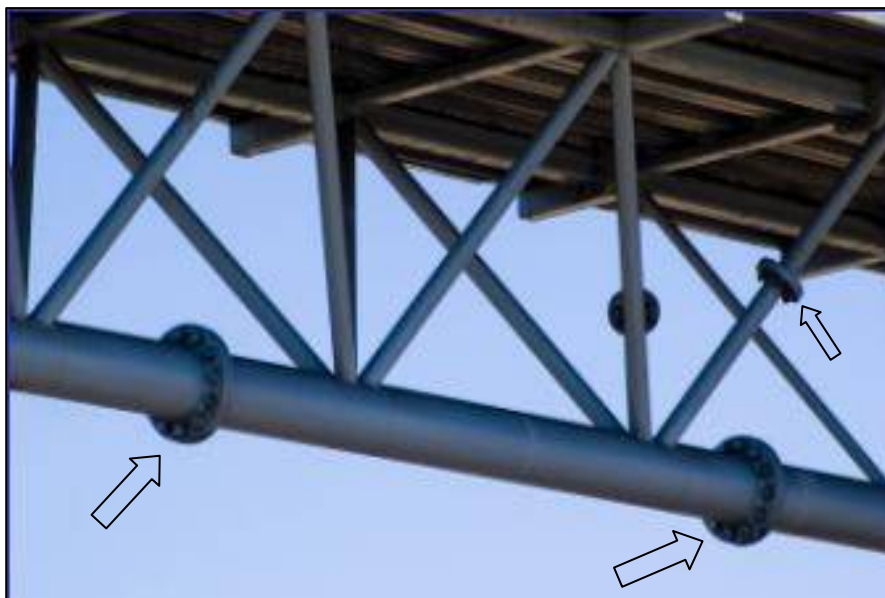


Figura 12 – Ligações Flangeadas

Complementarmente, o TB-NBT:2010 apresenta, em anexo, uma série de detalhes relacionados à execução de soldas nas ligações entre perfis tubulares, com base na especificação estadunidense AWS D1.1:2008 (*Structural Welding Code Steel*, da *American Welding Society*).

## 8. BASES DE PILARES

O TB-NBR:2010 trata da ligação de pilares de aço e mistos de aço e concreto com perfis tubulares à fundação de concreto armado, com a limitação de que, no caso de pilares de aço, a maior dimensão da seção transversal não supere a 510 mm.

A ligação abordada, para a qual se fornecem prescrições completas de cálculo, é constituída de uma placa de base retangular, para perfil tubular circular ou retangular, ou circular, para perfil tubular circular, soldada ao perfil de aço do pilar e fixada no bloco de fundação por meio de barras redondas rosqueadas (chumbadores), conforme mostram as Figura 13-a, 13-b e 13-c. Para facilitar a montagem e o nivelamento, deve-se colocar argamassa expansiva de assentamento entre a face inferior da placa de base e a superfície do concreto (Figura 13-d). Não são previstas nervuras nas placas de base.

As prescrições para as bases de pilares foram desenvolvidas tendo como orientação um guia de projeto do AISC (*Steel Design Guide 1, Base Plate and Anchor Rod Design, Second Edition, 2006*), mas utilizando também a experiência nacional.

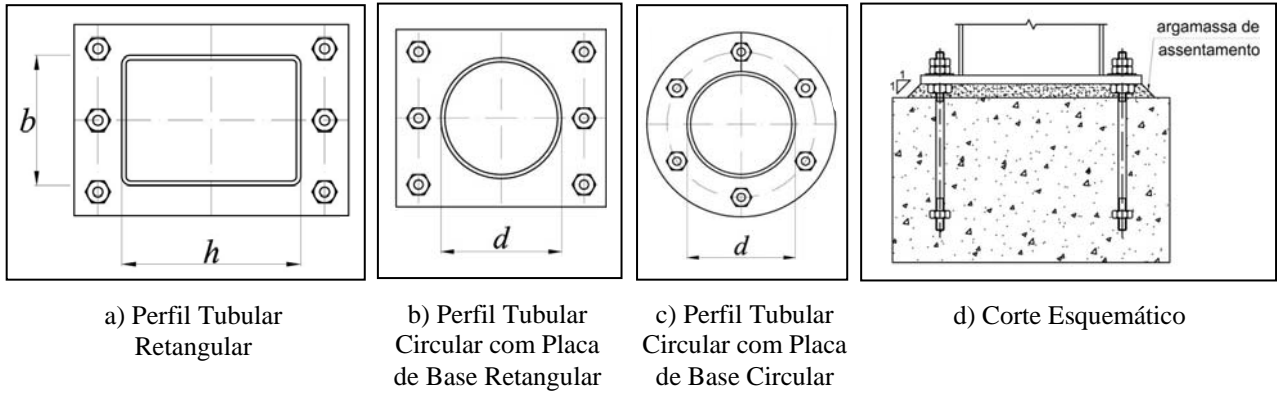


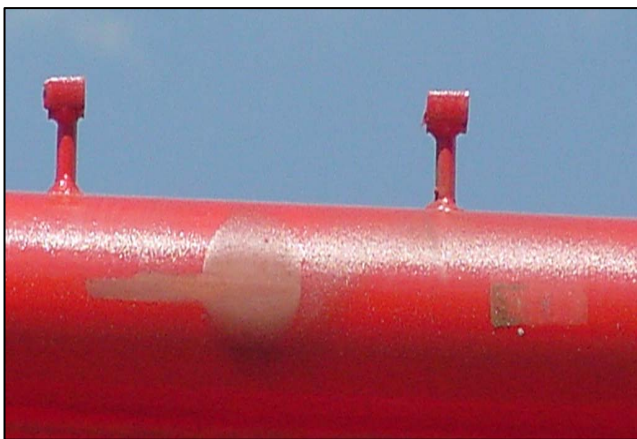
Figura 13 – Bases de Pilares

## 9. ELEMENTOS ESTRUTURAIS MISTOS DE AÇO E CONCRETO

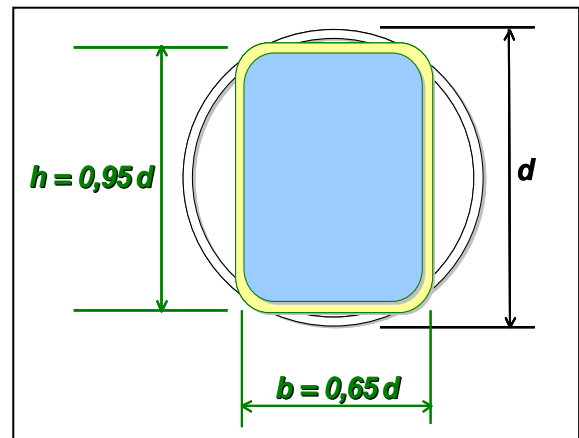
### 9.1. Vigas Mistas

Para as vigas mistas de aço e concreto com o componente de aço constituído por um perfil tubular, tendo sua face superior ligada a uma laje de concreto por meio de conectores de cisalhamento, o TB-NBT:2010 prescreve que o dimensionamento pode ser feito pela ABNT NBR 8800, observando-se alguns ajustes.

Chama-se atenção que o TB-NBT:2010 permite, para facilitar a determinação da posição da linha neutra plástica, transformar um perfil circular de diâmetro externo  $d$  em um perfil retangular equivalente com a mesma espessura da parede e com altura total  $h$  e a largura  $b$  iguais a  $0,95d$  e  $0,65d$ , respectivamente, conforme ilustra a Figura 14.



(a) Perfil Tubular Circular com Conectores de Cisalhamento em Sua Face Superior



(b) Transformação de Perfil Tubular Circular em Perfil Retangular Equivalente

Figura 14 – Perfil Tubular Circular em Viga Mista

## 9.2. Pilares Mistos

O TB-NBT:2010 estabelece que o dimensionamento de pilares mistos constituídos de perfis tubulares preenchidos com concreto (a Figura 15 mostra as seções transversais de pilares com perfis circular e retangular) deve ser feito com base na ABNT NBR 8800:2008, mas permite a utilização de ajustes no valor da rigidez efetiva à flexão e no modelo de cálculo nas solicitações de flexo-compressão.

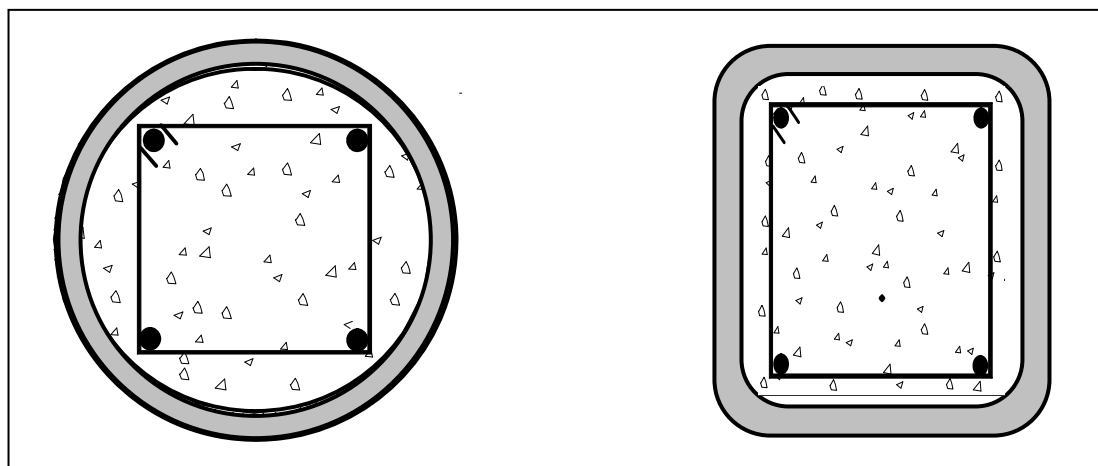


Figura 15 – Seções Transversais de Pilares Mistos Preenchidos com Concreto

Um problema sempre enfrentado pelos projetistas de estruturas mistas é a forma de se executar a transmissão de cargas para os pilares mistos, quando a tensão de cisalhamento na interface entre o aço e o concreto nos pilares supera a tensão resistente de cálculo. Nesse caso, a transmissão, por exemplo, da reação de uma viga para o pilar, deve ser feita de modo que o aço e o concreto trabalhem adequadamente. Como solução, o TB-NBT:2010 fornece dois dispositivos especiais, denominados simplesmente dispositivo tipo 1 e dispositivo tipo 2 mas, evidentemente, outros dispositivos podem ser empregados, desde que o responsável pelo cálculo determine seu comportamento estrutural.

No dispositivo tipo 1 (Figura 16) são usados parafusos comuns ou de alta resistência cujo espaçamento entre eixos, em qualquer direção, não pode ser inferior a seis vezes o seu diâmetro, e que passam pelo perfil tubular de aço através de furos feitos previamente e penetram no concreto. A cabeça dos parafusos deve ser ponteadada com solda na face externa do perfil tubular, para evitar que esses se desloquem durante a concretagem do pilar. A força resistente de cálculo de cada parafuso deve ser determinada de acordo com a ABNT NBR 8800:2008.

No dispositivo tipo 2 (Figura 17) são feitas aberturas nas paredes do perfil tubular, nas quais soldam-se chapas com conectores de cisalhamento tipo pino com cabeça voltados para o interior do perfil. Podem haver aberturas diretamente na chegada da viga e um pouco abaixo, dentro de um comprimento  $l_{ic}$  definido na ABNT NBR 8800:2008, conforme as necessidades de cálculo. A força resistente de cálculo de cada conector de cisalhamento deve ser obtida da ABNT NBR 8800:2008. O espaçamento entre os eixos dos conectores, em qualquer direção, não pode ser inferior a seis vezes o seu diâmetro e a solda entre a chapa e o tubo deve ser adequadamente dimensionada.

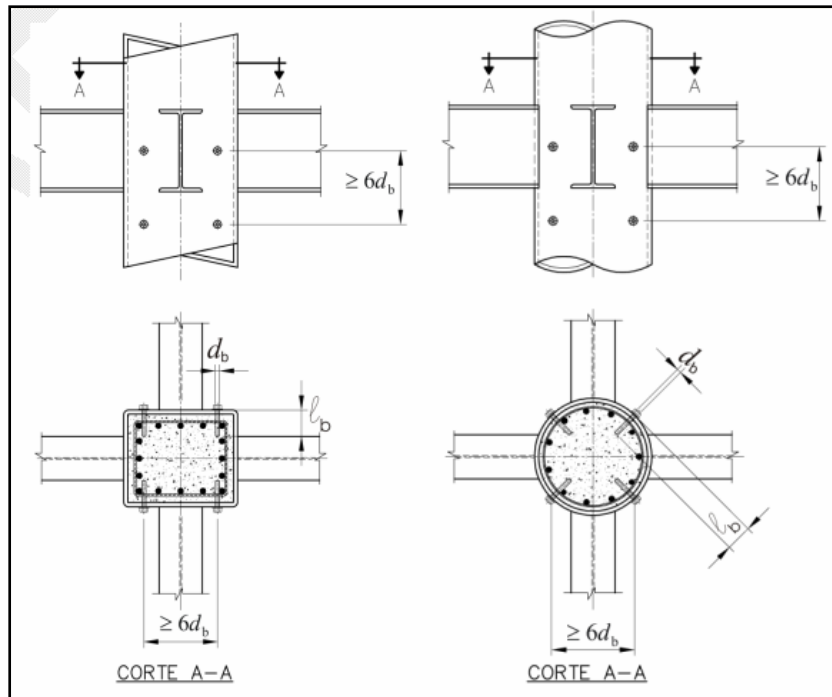


Figura 16 – Dispositivo Tipo 1 de Transmissão de Cargas para Pilares Circulares e Retangulares

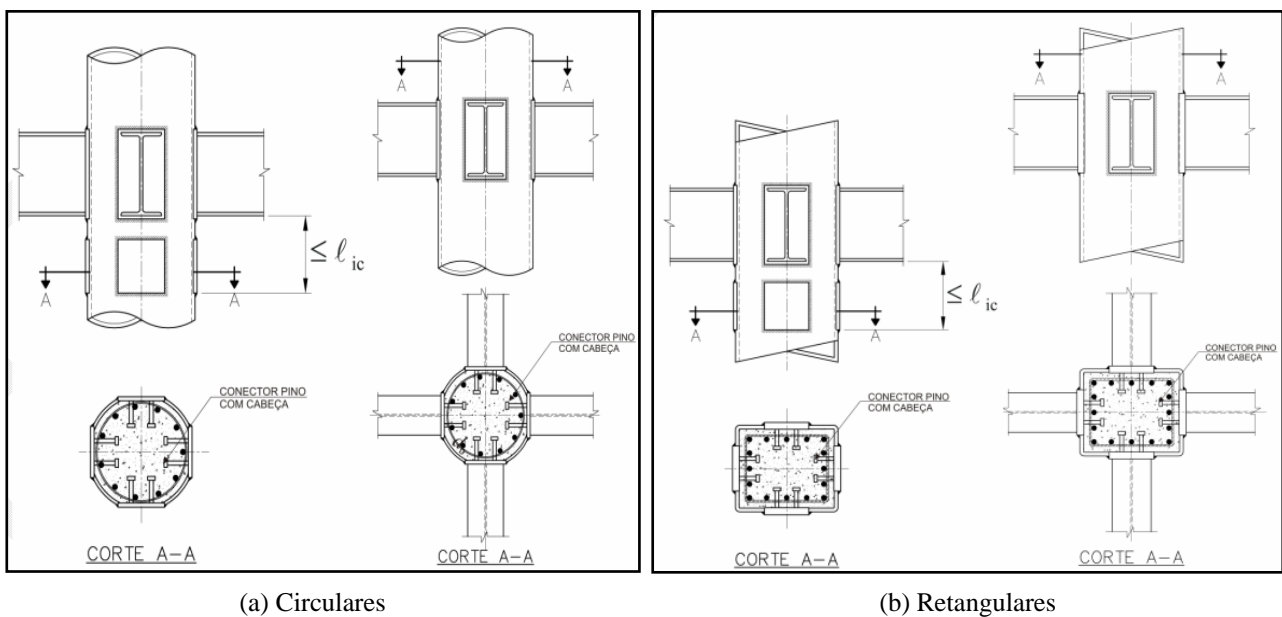


Figura 17 – Dispositivo Tipo 2 de Transmissão de Cargas para Pilares Mistos

As regras aplicáveis aos elementos estruturais mistos foram desenvolvidas tendo como orientação principal a norma EN 1994-1-1:2007, mas não deixando de levar em conta ainda a experiência da engenharia e pesquisas brasileiras.



## **10. A IMPORTÂNCIA DA NORMA BRASILEIRA DE ESTRUTURAS TUBULARES**

O projeto de estruturas de aço e mistas com perfis tubulares apresenta dificuldades que prejudicam o uso desses perfis. Essas dificuldades se concentram particularmente nas questões referentes às ligações metálicas (ver item 7) e à transmissão de cargas para os pilares mistos (ver subitem 9.2). Pode-se afirmar, inclusive, que muitas vezes se opta por perfis de seção aberta por esses terem essas questões já há muito resolvidas com segurança e confiabilidade.

Embora, por exemplo, no caso das ligações metálicas, o EN 1994-1-8:2007, o ANSI/AISC 360-05 e o CIDECT tratem amplamente da questão, a forma como isso é feito contempla uma outra realidade, com outro nível de conhecimento dos profissionais, que torna a compreensão dos projetistas brasileiros muito difícil (pode-se dizer, quase impossível).

Assim, uma norma brasileira de estruturas tubulares terá o mérito de esclarecer como considerar com consistência o comportamento das estruturas tubulares, desde a complexa questão das ligações até situações mais simples, como as das barras axialmente tracionadas e comprimidas, de modo compatível com as demais normas brasileiras. Dessa forma, contribuirá para o uso correto, com os detalhes de projeto mais adequados, de perfis tubulares tanto em estruturas puramente de aço quanto mistas de aço e concreto. Além disso, servirá como fator de motivação à realização de pesquisas científicas e tecnológicas nas universidades e centros de pesquisa brasileiros.

## **11. FUTURO DAS NORMAS BRASILEIRAS DE ESTRUTURAS DE AÇO**

Acredita-se que o seguinte caminho deva ser trilhado pelo conjunto de normas brasileiras da área de estruturas de aço de edifícios no futuro, pelo menos no que se refere ao projeto à temperatura ambiente, seguindo praticamente o que ocorre na Europa:

- a) a norma geral de projeto de estruturas de aço, atualmente a ABNT NBR 8800:2008, deixa de abordar as estruturas tubulares e as estruturas mistas, ficando portanto exclusivamente com as estruturas de aço constituídas por perfis soldados e laminados de seção aberta;
- b) a norma de projeto de estruturas tubulares, atualmente na forma apenas de texto-base, o TB-NBT:2010, passa a tratar apenas das estruturas tubulares de aço, não abordando as estruturas mistas;
- c) a norma de projeto de estruturas de aço com perfis formados a frio, atualmente a ABNT NBR 14762, deixa de abordar as estruturas mistas com esses perfis;
- d) cria-se uma norma exclusivamente para estruturas mistas, formadas com todos os tipos de perfis de aço.

## **12. CONCLUSÕES**

Atualmente, a ABNT NBR 8800:2008 cobre de forma ampla o projeto de estruturas de aço e mistas de aço e concreto. No entanto, por se tratar de uma norma geral, não pode contemplar com precisão muitas particularidades de comportamento das estruturas com perfis tubulares. Assim, julgou-se importante, de modo similar a outros países, dotar o país de uma norma específica para estruturas tubulares contendo procedimentos mais precisos para algumas situações tratadas simplificadaamente na ABNT NBR 8800:2008 (valores do coeficiente de redução da área líquida de barras axialmente tracionadas e do fator de redução associado à resistência à compressão de barras axialmente



comprimidas) e procedimentos adicionais para situações não tratadas diretamente por essa norma (análise estrutural de treliças, ligações metálicas, bases de pilares e elementos estruturais mistos de aço e concreto). O primeiro passo para tal foi a elaboração de um texto-base (TB-NBT:2010), sob auspícios da VMB e com a participação da UFMG, UFOP, UNICAMP e CODEME ENGENHARIA, que se encontra em fase final de conclusão e que, em breve, será encaminhado à ABNT para ser avaliado e transformado em norma brasileira.

O TB-NBT:2010 não conflita com a ABNT NBR 8800:2008. Pelo contrário, procura sempre valorizar esta última norma, uma vez que deixa claro que todas as suas prescrições, inclusive aquelas relacionadas aos perfis tubulares, permanecem válidas. Em resumo, mesmo naquelas situações de comportamento dos perfis tubulares para as quais o TB-NBT:2010 contém procedimentos mais precisos, os procedimentos da ABNT NBR 8800:2008 podem continuar sendo utilizados.

O TB-NBT:2006 é um texto atualizado que, transformado formalmente em norma, certamente vai contribuir para o avanço da construção metálica e mista de edifícios com estruturas tubulares no Brasil, uma vez que incorpora o que existe de mais moderno no mundo sobre o dimensionamento dessas estruturas. As normas, pesquisas e textos internacionais, e até nacionais, usados como referências são recentes e reconhecidos. Nas situações onde se julgou necessário, procedimentos foram adaptados à realidade brasileira, procurando tratar com consciência situações comuns em nosso país. Um fato importante é que, assim como a ABNT NBR 8800:2008, o TB-NBT:2010 tem compatibilidade total com todas as normas brasileiras correlacionadas.