



**Capitão-Tenente (EN) Douglas Rodriguez Brasil**  
Encarregado da Divisão de Prefeitura da Base Almirante Castro e Silva (BACS)

*Graduado em Engenharia Civil e Mestre em Estruturas pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).*

# AUMENTO DA RESISTÊNCIA DE PERFIS TUBULARES UTILIZANDO REFORÇO DE CHAPA

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, nota-se um incremento substancial do uso e aplicação dos perfis tubulares como elementos estruturais. Essas estruturas apresentam excelentes propriedades de resistência à compressão, torção e flexão nas diversas direções. Por serem constituídas por aço de elevada resistência e baixo peso próprio, as estruturas confeccionadas em perfis tubulares atendem a uma enorme variedade de solicitações de projeto, propiciando soluções leves e econômicas, conseqüentemente uma redução significativa nos custos devido à possibilidade de execução de uma fundação mais econômica, um canteiro de obras menos obstruído, mais limpo e racionalizado. Suas aplicações podem ser observadas nas diversas estruturas apresentadas nas Fotos 1, 2, 3 e 4.



Foto 2 - Passarela BR-060, Goiânia.



Foto 3 - Viaduto Transcarioca, Rio de Janeiro.



Foto 1 - Estádio Castelão, Fortaleza.



Foto 4 - Museu do Amanhã, Rio de Janeiro.

## 2. DIMENSIONAMENTO DE LIGAÇÕES TUBULARES

Dentre muitas vantagens, as que sobressaem na aplicação dessa tecnologia construtiva são flexibilidade e exiguidade. Perfis tubulares podem ser utilizados em estruturas mistas (tubos preenchidos com concreto), apresentando um ganho de resistência adicional a esforços aplicados. Por possuírem menor área superficial, se comparadas às seções abertas, são obtidos menores custos de pintura e proteção contra o fogo, facilitando os serviços de manutenção e minimizando seus custos.

Uma ligação do tipo “T” reforçada entre perfis RHS – seções tubulares retangulares para o banzo, CHS – seções tubulares circulares para o montante e uma chapa de espessura reduzida para o reforço, pode aumentar a resistência da estrutura de modo a suportar um carregamento maior do que seria suportado pela estrutura sem a chapa de reforço.

Para se dimensionar estrutura com perfis tubulares ou o reforço de uma ligação com perfis tubulares, são necessários que sejam considerados alguns critérios iniciais. Sendo assim, as equações propostas para cálculo da força resistente e as condições de validade de ligações com perfil tubular são apresentadas na norma brasileira NBR 16239 (2013), intitulada “Projetos de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares”.

## 3. AUMENTO DA RESISTÊNCIA DA ESTRUTURA TUBULAR COM APLICAÇÃO DA CHAPA DE REFORÇO

A ligação tipo T com chapa de reforço é utilizada para se obter uma melhor resposta da estrutura, onde a chapa de reforço é aplicada na parte superior do banzo, na região da solda que faz a ligação com o montante, com o intuito de se aumentar o valor da força resistente aplicada no sentido axial ao montante.

A aplicação da chapa de reforço pode ser feita de duas formas, sendo uma, denominada reforço tipo “chapa”, na qual a chapa de reforço é colocada antes da execução da solda da ligação, entre o banzo e o montante, como apresentado na

Fig. 1, e a outra, denominada reforço tipo “colar”, em que a chapa de reforço é colocada em forma de colar, sobre a parte superior do banzo ao redor da solda da ligação como apresentado na Fig. 2, para estruturas já executadas anteriormente sem o reforço.

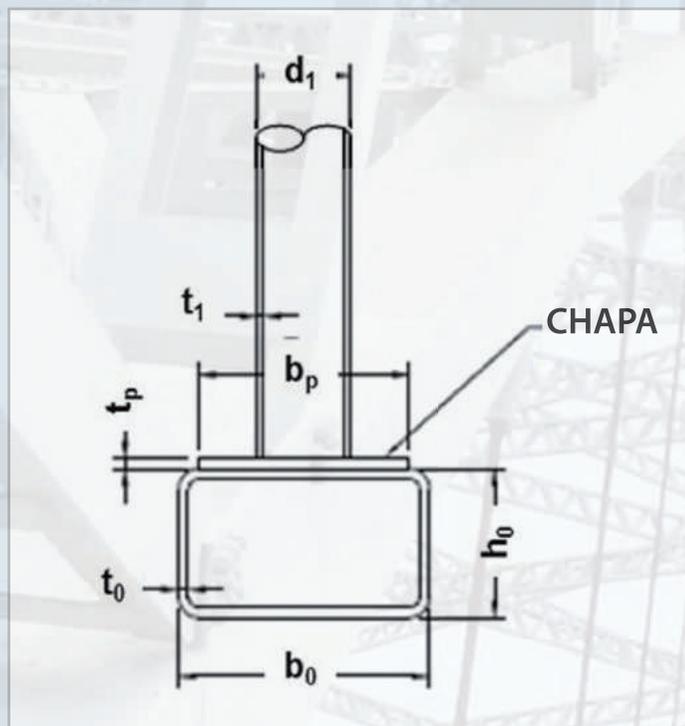


Figura 1 – Modelo de reforço tipo “Chapa”

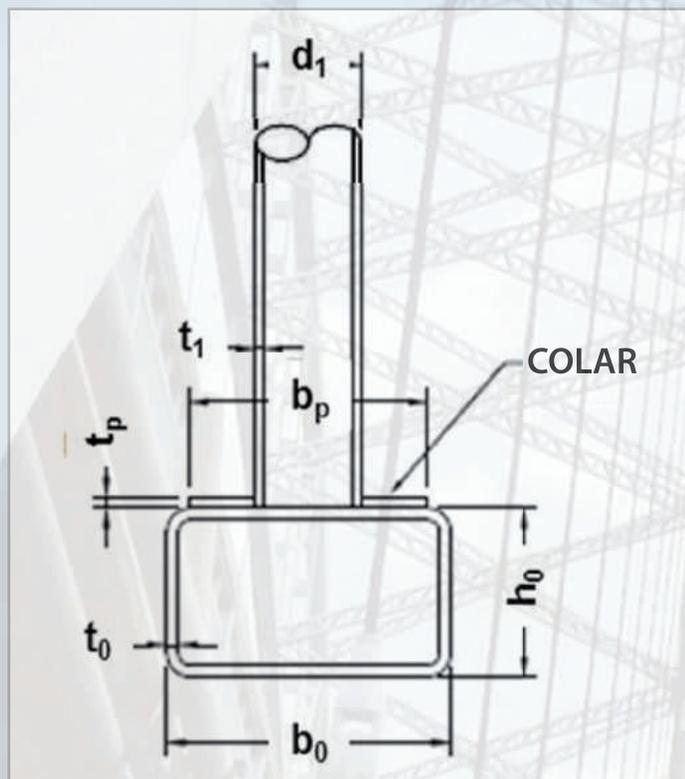


Figura 2 – Modelo de reforço tipo “Colar”

Considerando-se as premissas anteriores, foi realizada a modelagem da ligação da estrutura tubular, em elementos finitos, no programa de análise estrutural Ansys 12.0 - Fig. 3, com a criação de três materiais diferentes, sendo um para o banzo (perfil tubular retangular 110x60x48,1mm), um para o montante (perfil tubular circular 38,1x3,2mm) e um para a solda. As espessuras do banzo e da chapa de reforço (espessura de 3,0mm) foram somadas ( $t_0+t_p$ , sendo  $t_0$  a espessura do banzo e  $t_p$  a espessura do reforço) em uma mesma área (Fig. 4). Observa-se na Fig. 3, que foi considerado engaste nas extremidades do banzo e apoio móvel de primeiro gênero no topo do montante liberando o deslocamento no sentido axial do montante. A Fig. 5 representa o modelo numérico criado em elementos finitos para o reforço tipo colar e tipo chapa.

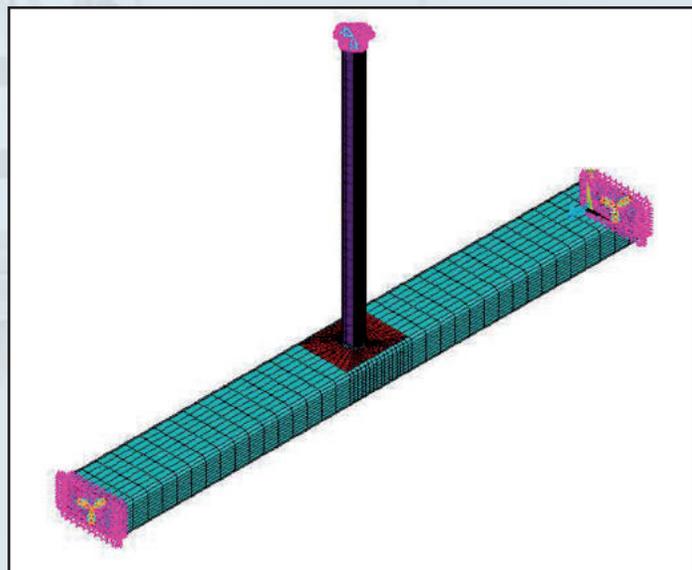


Figura 3 – Modelo numérico em elementos finitos criado no programa Ansys 12.0

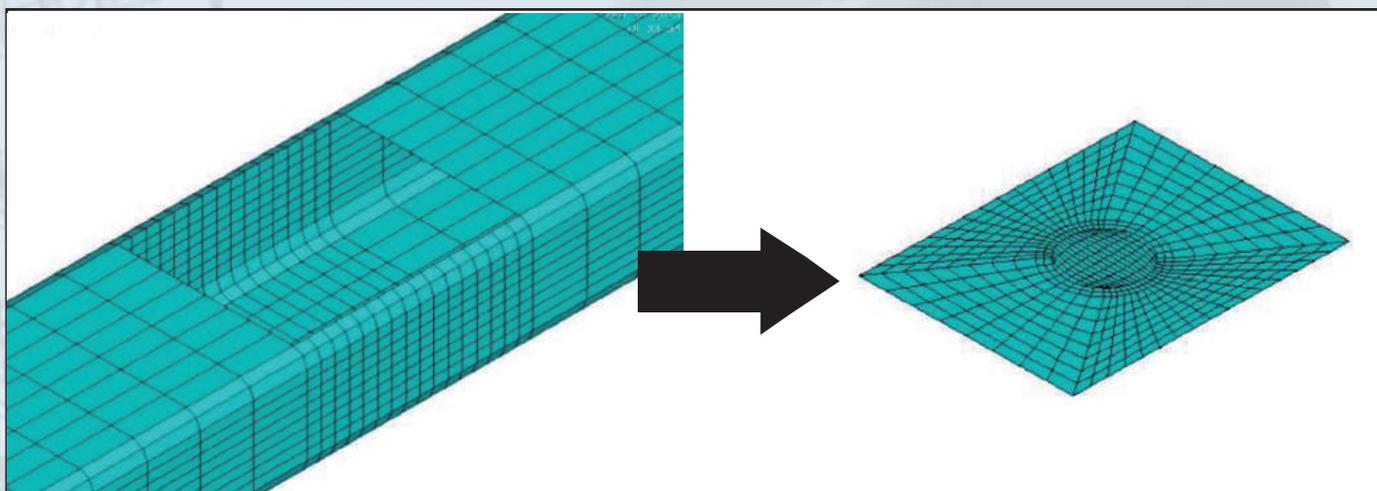


Figura 4 – Malha da chapa de reforço ( $t_0+t_p$ ) em elementos finitos

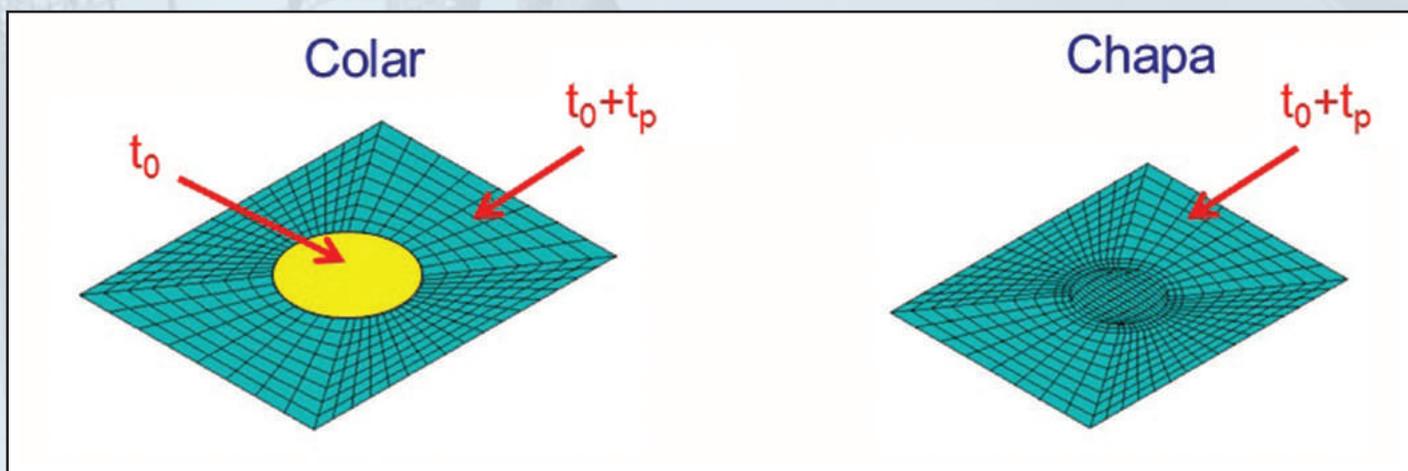


Figura 5 – Malha do reforço tipo colar e tipo chapa em elementos finitos

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Comparativo entre reforço tipo “colar” versus reforço tipo “chapa”

Diante dos resultados obtidos, pode-se observar na Fig. 6, que o ganho de resistência, ao utilizar reforço tipo “chapa” com espessura de 3,0mm, é maior que o apresentado pelo reforço tipo “colar”, em toda a extensão do gráfico. ( $N_s$  é a resistência no estado limite de serviço e  $N_u$  é a resistência no estado limite último).

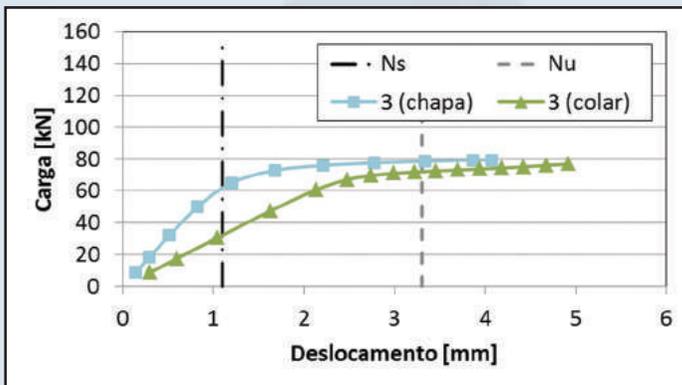


Figura 6 – Malha da chapa de reforço (t0+tp) em elementos finitos

### 4.2. Comparativo entre carga axial de compressão versus tração aplicada no montante

Observa-se na Fig. 7, que para uma chapa de reforço com espessura de 3,0mm, aplicando carga de tração e carga de compressão no montante da ligação, inicialmente, há um ganho de resistência igual para ambos os casos; logo em seguida, a partir do estado limite de serviço ( $N_s$ ), a chapa de reforço começa a apresentar um aumento na resistência da ligação, para a carga axial de tração, em relação à carga axial de compressão, sendo esta diferença observada claramente no estado limite último ( $N_u$ ).

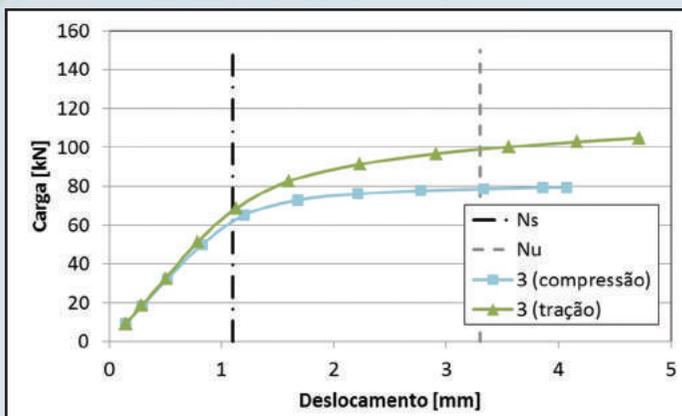


Figura 7 – Comparativo para chapa de reforço com espessura de 3,0mm

## 5. CONCLUSÃO

O uso de estruturas com perfis tubulares se torna interessante e viável quando existe a necessidade de se executar construções com grandes vãos e uma estrutura mais leve.

A norma brasileira NBR 16239 (2013) contempla os dados e orientações necessários para o dimensionamento de estruturas com perfis tubulares, que devem ser utilizados nos projetos dessas estruturas.

Para os resultados apresentados, foi considerada uma carga axial aplicada sobre o montante sob a forma de deslocamento prescrito, de tração e outra de compressão, separadamente. Foi desenvolvida também a análise de dois tipos de geometria para o reforço, sendo o reforço tipo “colar” e o reforço tipo “chapa”.

Havendo a necessidade de se realizar um reforço estrutural na ligação, de modo a aumentar sua resistência, este pode ser executado com uma chapa de pequena espessura, soldada na parte superior do banzo, no local da ligação. Esta chapa serve para aumentar a espessura do banzo na região da ligação, que é mais solicitada pela carga aplicada.

Deve ser citada também a diferença entre os resultados obtidos devido a aplicação da carga axial sobre o montante, na forma de tração e de compressão, levando-se a concluir que, nos gráficos apresentados, as curvas referentes ao carregamento de tração evidenciam uma resistência maior em relação ao carregamento de compressão na ligação soldada, apresentando assim, um melhor desempenho do reforço na ligação soldada para a aplicação da carga axial de tração no montante.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansys 12.0<sup>®</sup>, 2010. ANSYS - Inc. Theory Reference.

- Brazil, D. R., 2013. Análise de ligações tubulares T com reforço de chapa. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

- NBR 16239, 2013. Projetos de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares.