

ELABORAÇÃO DE TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE VIGAS CASTELADAS EM PERFIS LAMINADOS DE ABAS PARALELAS CONFORME NORMA BRASILEIRA NBR 8800/2008

PEDRO HENRIQUE SILVÉRIO FRANCO¹ & PEDRO FEREGUETTI²

¹*Graduando em Engenharia Civil, pedrohenriquesilveriofranco@hotmail.com*

²*Professor do Curso de Engenharia Civil, pedrofereguetti@gmail.com*

Caderno Saberes, n. 6, 2020

RESUMO - As vigas casteladas são vigas fabricadas a partir de perfis I laminados, nos quais são efetuados um corte em zig-zag ao longo da alma. Quando realocadas e soldadas as metades, a viga passa a ter uma altura maior que a original e aberturas em formato hexagonal ou octogonal. A expansão da alma e as aberturas trouxeram uma alta resistência às vigas, devido ao momento de inércia aumentar significativamente, mas também trouxeram modos de roturas adicionais a aqueles que as vigas de alma sólida tinham. O presente trabalho consiste na elaboração de uma tabela de dimensionamento de vigas casteladas no padrão Anglo-Saxão. A validação da tabela foi realizada através da comparação de seus resultados com os resultados do software Strap que também realiza o dimensionamento de vigas casteladas no padrão Anglo-Saxão, este utiliza porém em determinadas situações formulação diferente da seguida neste trabalho. A tabela foi desenvolvida no software Microsoft Office Excel e através das vigas analisadas pôde-se observar a eficiência e a precisão desta, tornando útil e aplicável o resultado final do presente trabalho.

Palavras-chave: Dimensionamento. Estruturas Metálicas. Vigas Casteladas.

INTRODUÇÃO

Atualmente, estruturas em aço têm ganhado um amplo mercado no Brasil. A competitividade com outros elementos estruturais e mesmo em meio às estruturas de aço, tornou-se essencial e vem obtendo um foco não visto antes.

As vigas casteladas que surgiram logo após a segunda guerra mundial como uma novidade para aquele ambiente, podem, hoje, também assumir um papel importante na competitividade em elementos estruturais no Brasil. São vigas fabricadas a partir de perfis I laminados, nos quais são efetuados um corte em zig-zag ao longo da alma¹. Quando realocadas e soldadas as metades, a viga passa a ter uma altura maior que a original e aberturas em formato hexagonal ou octogonal, formato esse que devido à semelhança com a crista dos castelos, recebeu o nome de vigas casteladas.

A expansão da alma e as aberturas trouxeram uma alta resistência às vigas, devido

ao momento de inércia² aumentar significativamente, vãos maiores puderam ser vencidos e as deformidades se mostraram bem menores em relação às vigas de alma cheia. Os mesmos motivos que trouxeram vantagens também trouxeram modos de roturas³ adicionais a aqueles que as vigas de alma sólida tinham, necessitando um estudo e cuidado maior em relação a estes.

O projeto apresentou uma tabela de dimensionamento de vigas casteladas em perfis laminados de abas paralelas, perfis esses brasileiros, até mesmo por ocorrer uma deficiência no que diz respeito à altura nos mesmos. O dimensionamento tornou-se mais complexo devido à escassez de normas técnicas que regulamentem vigas casteladas. Somente a norma britânica cita este elemento, mesmo assim se limita a um padrão específico. O dimensionamento deste projeto obedeceu à Norma Brasileira NBR 8800/2008.

Tendo em vista a aplicabilidade das vigas casteladas e a ausência de normas brasileiras específicas para o dimensionamento das mesmas, acreditou-se que a tabela de dimensionamento com base nos estudos

¹Parte da viga que tem como principal objetivo resistir aos esforços transversos

²Dificuldade que a viga tem de rotacionar

³Modos de falhas ou colapsos

realizados por Deslesques (1968), Cimadevila (2000), Veríssimo (2012), Brinkhus (2015), Lubke (2016), entre outros, permitiu uma concorrência no mercado com outros elementos estruturais.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo a elaboração de uma tabela de dimensionamento de vigas casteladas em perfis laminados de abas paralelas conforme norma brasileira NBR 8800/2008.

MATERIAL & MÉTODOS

O dimensionamento que consta no presente trabalho teve seus resultados comparados com o software STRAP 2017. Structural Analysis Program (STRAP) é um programa Israelense de análise estrutural por elementos finitos (barras, parede, planos e sólidos), por ser gratuito e seus resultados precisos, este foi escolhido como balizador dos resultados obtidos através da planilha de dimensionamento de vigas casteladas em perfis laminados de abas paralelas conforme a NBR 8800 (2008), desenvolvida neste trabalho.

Esta planilha foi elaborada através do software Microsoft Office Excel, sendo este um editor de planilhas produzido pela Microsoft, extremamente confiável e com variadas ferramentas para os cálculos necessários.

Particularizando o dimensionamento da viga castelada ao padrão Anglo-Saxão, devido ao fato de este ser o mais utilizado no mercado, adotando também a utilização como uma viga para piso, deu-se início ao desenvolvimento da planilha de dimensionamento de vigas casteladas em perfis laminados de abas paralelas, sendo estes perfis brasileiros e retirados do catálogo da Gerdau Aço Minas (ASTM A36, ASTM A572 Gr 50, ASTM A572 Gr 60 ou ASTM A588).

Através da escolha do perfil a ser utilizado, do vão de projeto e da carga de projeto, calculou-se todas as características geométricas necessárias tanto para a fabricação da viga quanto para posteriormente o estudo dos modos de colapso da mesma.

No próximo procedimento, a planilha realizou as verificações e retornou para o

usuário se o perfil foi aprovado ou reprovado para cada um dos possíveis modos de colapso, levando em consideração estado limite último⁴ e estado limite de serviço⁵.

RESULTADOS & DISCUSSÃO

O Problema

A partir de um perfil laminado brasileiro (W360x32,9), foi realizado o castelamento do mesmo, a viga foi biapoiada e submetida a um carregamento uniformemente distribuído, completamente travada (sem flambagem lateral com torção) e os comprimentos dos vãos a serem vencidos foram de 9, 12 e 15 metros. O objetivo foi descobrir a carga máxima que incidindo sobre a viga impediria a mesma de ser utilizada, seja por limite último ou de serviço.

FIGURA 1 - 3D viga castelada Anglo-Saxão (STRAP)



Fonte: Dados da Pesquisa.

Na FIG. 1, consegue-se visualizar melhor o padrão castelado (Anglo-Saxão), devido o modelo 3D gerado pelo software Strap.

FIGURA 2 - Cálculo das características geométricas e modos de falha (Tabela de Dimensionamento)

| Características Geométricas | | |
|-----------------------------|--------------|-----------------|
| a = | 174,5 | mm |
| ht = | 87,25 | mm |
| At = | 1536,25 | mm ² |
| ybarra | 17,22 | mm |
| Y0 = | 244,53 | mm |
| Wx0 = | 701888,64 | mm ³ |
| Zx0 = | 751317,31 | mm ³ |
| It = | 853362,16 | mm ⁴ |
| Ix0 = | 185426074,70 | mm ⁴ |
| Mpl = | 259,20 | kn.m |
| Ya = | 70,03 | mm |
| Ie = | 19439,24 | cm ⁴ |
| Ae = | 5,63 | cm ² |
| Aw = | 10,12 | cm ² |

⁴Estado limite relacionado ao colapso, ou qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura

⁵Estado relacionado a durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e a boa utilização funcional das mesmas, seja em relação usuários, seja em relação às máquinas e aos equipamentos utilizados.

| CORTANTE V3 5.4.3.1.1a | | |
|-----------------------------|--------|------|
| Vpl = | 209,50 | kn |
| VRd = | 190,46 | kn |
| VSd = | 18,225 | kn |
| Mecanismo Vierendeel | | |
| c = | 1,87 | m |
| x = | 5,63 | m |
| Msd = | 64,10 | kn.m |
| Vsd = | 4,54 | kn |
| Escoamento Montante da alma | | |
| Cisalhamento | | |
| Vsd = | 18,225 | Kn |
| VRk1 = | 87,19 | Kn |
| VRd1 = | 79,26 | kn |
| flexão | | |
| VRk2 = | 175,18 | Kn |
| VRD2 = | 159,26 | Kn |
| Vsd = | 18,225 | kn |

| MOMENTO (M2) G.2.1a SEM FLT | |
|-----------------------------|-----------|
| MRd = | 235,64 kn |
| MSd = | 68,34 kn |

| Flambagem lateral montante da alma | |
|------------------------------------|-----------|
| Vcr = | 166,05 kn |
| Vcr /vrk2 = | 0,95 |
| Vsd = | 18,225 kn |
| VRd3 = | 110,70 kn |

| Deslocamento excessivo | |
|------------------------|---------|
| fm = | 4,12 cm |
| fv = | 0,16 cm |
| f = | 4,28 cm |
| fadm = | 4,29 cm |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nesta aba da planilha (FIG. 2), foi onde ocorreram geométricas e quando estes já definidos, calculou-se então os modos de falhas ou colapsos de fato todos os cálculos referidos às características

FIGURA 3 - Verificação modos de falha (Tabela de Dimensionamento)

| VERIFICAÇÃO MODOS DE FALHA | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| Estado limite ultimo Mecanismo de Vierendeel Seção X = 5,63 m Mpl/1,1 = 235,64 KN.m M+c*V = 72,59 Aproveitamento = 30,81% Resultado = APROVADO | | Estado limite ultimo Flambagem lateral montante da alma Vsd = 18,225 kn VRd3 = 110,70 kn Aproveitamento = 16,46% Resultado = APROVADO | | Estado limite serviço Deslocamento excessivo f = 4,28 cm fadm = 4,29 cm Aproveitamento = 99,78% Resultado = APROVADO | |
| Estado limite ultimo Escoamento montante da alma por cisalhamento Vsd = 18,225 kn VRd1 = 79,26 kn Aproveitamento = 22,99% Resultado = APROVADO | | Estado limite ultimo Escoamento montante da alma por flexão Vsd = 18,225 kn VRd2 = 159,26 kn Aproveitamento = 11,44% Resultado = APROVADO | | | |
| Estado limite ultimo Cortante Vsd = 18,23 kn VRd = 190,46 kn Aproveitamento = 9,57% Resultado = APROVADO | | Estado limite ultimo Momento Fletor MSd = 68,34 kn MRd = 235,64 kn Aproveitamento = 29,00% Resultado = APROVADO | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na FIG. 3, observa-se a aba da planilha onde após calculado os modos de falhas, foi então realizado as verificações para cada um dos possíveis modos de colapso, retornando para o usuário se o perfil foi aprovado ou reprovado levando-se em consideração estado limite ultimo e estado limite de serviço.

Comparação entre o Strap e a Tabela de dimensionamento

Os modos de colapso das vigas casteladas foram calculados através do Strap e

da tabela de dimensionamento desenvolvida neste trabalho, após os cálculos foi feita a comparação entre os resultados obtidos através dos dois métodos de dimensionamento.

Vão de 9 metros

Dimensionado através do Strap:

Sendo inserido um carregamento de 11,5 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deformação), onde qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9 castelado.

Vão de 9 metros, calculada através da tabela de dimensionamento:

Sendo inserido um carregamento de 10,55 KN, descobriu-se ser esta a carga crítica para o estado limite de serviço (deslocamento excessivo ou deformação), em que qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9 castelado.

Comparando os resultados na carga máxima, entre o Strap e a tabela de dimensionamento, TAB. 1, percebe-se que em ambos o limitante é o estado limite de serviço (Deformação ou Deslocamento excessivo), podendo também ser percebida uma diferença de 8,3% no carregamento, em que mesmo a tabela

chegando mais rápido na carga crítica ela está a favor da segurança. Outra questão é que a solicitação da força cortante e do momento fletor foi bem próxima entre ambos os dimensionamentos, não ultrapassando 2,1%, a maior diferença entre resultados se deu na flexão vierendeel 9,2%. Diferença essa ocasionada pelo modelo de cálculo escolhido pelo Strap e para a Tabela de Dimensionamento.

O modelo escolhido pelo Strap difere do modelo seguido no dimensionamento da tabela, sendo este o utilizado por Verissimo *et al.* (2012), o que é normal já que no Brasil não existem normas específicas para vigas casteladas, permitindo se basear em normativas e estudos diferentes

TABELA 1 - Comparação Viga de 9 m Tabela x Strap

| | | TABELA | | STRAP | | DIFERENÇA | |
|-------------------|------------|--------|----|-------|----|-----------|---|
| CARGA MÁXIMA | | 10,55 | KN | 11,5 | KN | -8,3 | % |
| CORTANTE | SOLICITADO | 24,93 | % | 27 | % | -2,1 | % |
| MOMENTO FLETOR | SOLICITADO | 45,33 | % | 47 | % | -1,7 | % |
| DEFORMAÇÃO | SOLICITADO | 99 | % | 99 | % | 0,0 | % |
| FLEXÃO VIERENDEEL | SOLICITADO | 53,16 | % | 44 | % | 9,2 | % |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Vão de 12 metros

Dimensionado através do Strap:

Sendo inserido um carregamento de 4,85 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deformação), e que qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9 castelado.

Vão de 12 metros, calculada através da tabela de dimensionamento:

Sendo inserido um carregamento de 4,66 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deslocamento excessivo ou deformação), e qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9 castelado.

Comparando os resultados na carga crítica entre o Strap e a tabela de dimensionamento, TAB. 2, percebeu-se que em ambos o limitante é o estado limite de serviço (Deformação ou Deslocamento excessivo), podendo também ser percebida uma diferença de 3,9% no carregamento, em que mesmo a tabela chegando mais rápido na carga crítica, ela está a favor da segurança.

A solicitação da força cortante e do momento fletor foi bem próxima entre ambos os dimensionamentos, não ultrapassando 0,4%, a maior diferença entre resultados se deu na flexão vierendeel 7,1%, diferença essa que se deu devido ao modelo de cálculo escolhido por ambos, o modelo escolhido pelo Strap difere do modelo seguido no dimensionamento da tabela, sendo este o utilizado por Verissimo *et al.* (2012).

TABELA 2 - Comparação viga de 12m Tabela x Strap

| | | TABELA | | STRAP | | DIFERENÇA | |
|-------------------|------------|--------|----|-------|----|-----------|---|
| CARGA MÁXIMA | | 4,66 | KN | 4,85 | KN | -3,9 | % |
| CORTANTE | SOLICITADO | 14,68 | % | 15 | % | -0,3 | % |
| MOMENTO FLETOR | SOLICITADO | 35,6 | % | 36 | % | -0,4 | % |
| DEFORMAÇÃO | SOLICITADO | 99 | % | 99 | % | 0,0 | % |
| FLEXÃO VIERENDEEL | SOLICITADO | 39,05 | % | 32 | % | 7,1 | % |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Vão de 15 metros

Dimensionado através do Strap:

Sendo inserido um carregamento de 2,49 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deformação), e qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9 castelado.

Vão de 15 metros, calculada através da tabela de dimensionamento:

Sendo inserido um carregamento de 2,43 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deslocamento excessivo ou deformação), e qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9 castelado.

Comparando os resultados na carga crítica entre o Strap e a tabela de dimensionamento, TAB. 3, percebeu-se que em ambos o limitante foi o estado limite de serviço (Deformação ou Deslocamento excessivo), podendo também ser percebida uma diferença de 2,4% no carregamento, em que mesmo a tabela chegando mais rápido na carga crítica ela está a favor da segurança. A solicitação da força cortante e do momento fletor foi bem próxima entre ambos os dimensionamentos, não ultrapassando 0,4%. A maior diferença entre resultados se deu na flexão vierendeel 5,8%, diferença essa que se deu devido ao modelo de cálculo escolhido por ambos, o modelo escolhido pelo Strap difere do modelo seguido no dimensionamento da tabela, sendo este o utilizado por Verissimo *et al.* (2012).

TABELA 3 - Comparação viga de 15m Tabela x Strap

| | | TABELA | | STRAP | | DIFERENÇA | |
|-------------------|------------|--------|----|-------|----|-----------|---|
| CARGA MÁXIMA | | 2,43 | KN | 2,49 | KN | -2,4 | % |
| CORTANTE | SOLICITADO | 9,57 | % | 10 | % | -0,4 | % |
| MOMENTO FLETOR | SOLICITADO | 29 | % | 29 | % | 0,0 | % |
| DEFORMAÇÃO | SOLICITADO | 99 | % | 99 | % | 0,0 | % |
| FLEXÃO VIERENDEEL | SOLICITADO | 30,81 | % | 25 | % | 5,8 | % |

Fonte: Dados da Pesquisa

Após todas essas comparações, pôde-se perceber que a tabela de dimensionamento desenvolvida neste trabalho, por se mostrar confiável em seus resultados quando comparada a um programa já consolidado no mercado como o Strap que contém uma gama

muito grande de variáveis e arredondamentos precisos, está apta a ser utilizada conforme o proposto pelo problema inicial. Outra observação é que quanto maior é o vão a ser vencido, menor diferença há entre os resultados da tabela de dimensionamento e o strap.

Comparação entre o Strap (Vigas de alma cheia) e a Tabela de dimensionamento (Vigas casteladas)

Os modos de colapso das vigas de alma cheia foram calculados através do Strap. Estes resultados foram comparados com a tabela de dimensionamento desenvolvida neste trabalho para vigas casteladas, podendo então observar a diferença de carga máxima entre as vigas de alma cheia e vigas casteladas em grandes vãos.

Vão de 9 metros

Dimensionado através do Strap:

Sendo inserido um carregamento de 5,0 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deformação), e qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9.

Como já se tinha o cálculo da viga castelada vencendo o vão de 9 metros, apenas ocorreu à comparação dos resultados deste com os resultados do cálculo do Strap para vigas de alma cheia (TAB. 4). Percebeu-se que em ambos o limitante foi o estado limite de serviço (Deformação ou Deslocamento excessivo), podendo também ser percebida uma diferença de 111,0% no carregamento, demonstrando assim a vantagem na utilização do castelamento quando se trata de grandes vãos.

A solicitação da força cortante e do momento fletor dessa vez deu-se de forma significativa chegando a 18,9%, mas isso tornou-se irrelevante levando em consideração que estes não são os fatores principais capazes de tornar essa viga inutilizada, ou seja, eles não são o fator limitante.

TABELA 4 - Comparação viga de 9m Tabela (Castelada) x Strap (Alma Cheia)

| | | TABELA | | STRAP | | DIFERENÇA | |
|----------------|------------|--------|----|-------|----|-----------|---|
| CARGA MÁXIMA | | 10,55 | KN | 5 | KN | 111,0 | % |
| CORTANTE | SOLICITADO | 24,93 | % | 6 | % | 18,9 | % |
| MOMENTO FLETOR | SOLICITADO | 45,33 | % | 29 | % | 16,3 | % |
| DEFORMAÇÃO | SOLICITADO | 99 | % | 99 | % | 0,0 | % |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Vão de 12 metros

Dimensionado através do Strap:

Sendo inserido um carregamento de 2,1 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima para o estado limite de serviço (deformação), e qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9.

Como já se tem o cálculo da viga castelada vencendo o vão de 12 metros, apenas ocorreu à comparação dos resultados deste com os resultados do cálculo do Strap para vigas de alma cheia (TAB. 5).

Percebeu-se que em ambos o limitante é o estado limite de serviço (Deformação ou Deslocamento excessivo), podendo também ser percebida uma diferença de 121,9% no carregamento, demonstrando assim a vantagem na utilização do castelamento quando se trata de grandes vãos. A solicitação da força cortante e do momento fletor dessa vez deu-se de forma significativa chegando a 13,6%, mas isso tornou-se irrelevante levando em consideração que estes não são os fatores principais capazes de tornar essa viga inutilizada, ou seja, eles não são o fator limitante.

TABELA 5 - Comparação viga de 12m Tabela (Castelada) x Strap (Alma Cheia)

| | | TABELA | | STRAP | | DIFERENÇA | |
|----------------|------------|--------|----|-------|----|-----------|---|
| CARGA MÁXIMA | | 4,66 | KN | 2,1 | KN | 121,9 | % |
| CORTANTE | SOLICITADO | 14,68 | % | 3 | % | 11,7 | % |
| MOMENTO FLETOR | SOLICITADO | 35,6 | % | 22 | % | 13,6 | % |
| DEFORMAÇÃO | SOLICITADO | 99 | % | 99 | % | 0,0 | % |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Vão de 15 metros

Dimensionado através do Strap:

Sendo inserido um carregamento de 1,08 KN, descobriu-se ser esta a carga máxima

para o estado limite de serviço (deformação), e qualquer carregamento maior que este tornaria inapropriada a viga utilizando o perfil W360x32,9.

Como já se tem o cálculo da viga castelada vencendo o vão de 15 metros, apenas ocorreu a comparação dos resultados deste com os resultados do cálculo

do Strap para vigas de alma cheia (TAB. 6). Percebeu-se que em ambos o limitante é o estado limite de serviço (Deformação ou Deslocamento excessivo), podendo também ser percebida uma diferença de 125,0% no carregamento, demonstrando assim a vantagem na utilização do castelamento quando se trata de grandes vãos. A solicitação da força cortante e do momento fletor dessa vez deu-se significativa chegando a 11%, mas isso torna-se irrelevante levando em consideração que estes não são os fatores principais capazes de tornar essa viga inutilizada, ou seja, eles não são o fator limitante.

TABELA 6 - Comparação viga de 15m Tabela (Castelada) x Strap (Alma Cheia)

| | | TABELA | | STRAP | | DIFERENÇA | |
|----------------|------------|--------|----|-------|----|-----------|---|
| CARGA MÁXIMA | | 2,43 | KN | 1,08 | KN | 125,0 | % |
| CORTANTE | SOLICITADO | 9,57 | % | 2 | % | 7,6 | % |
| MOMENTO FLETOR | SOLICITADO | 29 | % | 18 | % | 11,0 | % |
| DEFORMAÇÃO | SOLICITADO | 99 | % | 99 | % | 0,0 | % |

Fonte: Dados da Pesquisa.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, o estudo mais aprofundado foi direcionado à viga castelada no padrão Anglo-Saxão, onde no item 3 ocorreu o dimensionamento minucioso para este determinado tipo de viga, analisando

estado limite último e estado limite de serviço, análise essa direcionada através dos estudos de Verissimo *et al* (2012), Lubke (2016), entre outros.

O objetivo principal deste trabalho, que foi a elaboração da tabela de dimensionamento de vigas casteladas em perfis

laminados de abas paralelas conforme norma brasileira NBR 8800/2008, foi alcançado, uma vez que foi realizado um estudo sobre o tema e posteriormente a elaboração da referida tabela, mostrando-se bastante eficiente em seus resultados ao ser comparada com um software já inserido no mercado de trabalho, sendo a tabela desenvolvida neste projeto bastante simples no que se refere ao manuseio e resultados rápidos servindo ao fim ao qual ela foi projetada.

Uma análise detalhada dos resultados encontrados, demonstrou ser a viga castelada extremamente eficiente e vantajosa, quando utilizada para vencer grandes vãos, e pôde-se constatar ainda, no presente trabalho, em comparação com a viga de alma cheia, que há uma diferença de até 125% de carga a mais resistida, utilizando a viga castelada e eximindo a viga de alma cheia devido ao estado limite de serviço.

Os métodos de cálculos escolhidos para o dimensionamento da tabela mostraram-se eficientes mesmo em alguns casos em que houve uma pequena divergência nos resultados, quando comparados ao software strap, uma vez que para estes foram utilizadas formulações diferentes, algo comum, já que não existem normas brasileiras específicas para vigas casteladas, podendo então se basear por normativas e estudos diferentes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e de Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BRINKHUS, Raquel. *Análise de vigas casteladas e vigas casteladas mistas*. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CIMADEVILA, F. J. E.; GUTIÉRREZ, E. M.; RODRÍGUEZ, J. A. V.. *Vigas alveoladas*. Vol 3. Madri: A Coruña: Biblioteca Técnica Universitária; 2000.

DELESQUES, R. *Stabilité des Montants de Poutres Ajourées*. *Construction Métallique*. n. 3, 1968, p. 26-33.

LUBKE, Gabriela. *Dimensionamento Otimizado de Vigas Alveolares de Aço*. 2017. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

VERISSIMO *et al.* *In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA*, 5., 2012, São Paulo. *Dimensionamento de vigas alveolares de aço*. Viçosa, 2012 p. 1-17.