

ANÁLISE DE PILARES ÁRVORE EM ESTRUTURA DE AÇO

Thiago da Silva Castro

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo
thiagodasilvacastro@hotmail.com.br

Zacarias Martin Chamberlain Pravia

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo
zacarias@upf.br

***Resumo.** Com o grande avanço da engenharia e da arquitetura hoje em dia surge à necessidade da utilização de novos tipos de elementos e sistemas construtivos, tais como os pilares árvore em estruturas de aço que vem sendo utilizada não só no Brasil, mas em todo o mundo como uma nova forma de elementos arquitetônicos também possuindo uma grande vantagem estrutural, com esse grande avanço ocorrendo de forma rápida às metodologias não conseguem acompanhar esse ritmo de evolução. Com isso os engenheiros devem se adequar aos possíveis problemas com os quais podem se deparar durante a realização de projetos que saem dos padrões usuais, com a falta de material disponível para se utilizar como referência e de fácil compreensão dos profissionais faz-se necessária à elaboração de estudos teóricos de acadêmicos nas instituições de ensino. Assim o trabalho visa solucionar e mostrar caminhos aos quais podem ser seguidos para a resolução desses problemas.*

***Palavras-chave:** Pilares Árvore. Colunas Árvore. Estrutura Ramificada.*

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho procura definir uma metodologia para a análise e o dimensionamento de pilares árvore em estrutura de aço. O principal problema encontrado foi à falta de referências para a análise e dimensionamento desse tipo de configuração, embora, tenham grande apelo

arquitetônico e sejam utilizadas em diversas obras, principalmente, ginásios, shoppings e aeroportos.

Como atualmente diversos projetos arquitetônicos são complexos e possuem padrões diferenciados dos utilizados normalmente, nasceu à necessidade de se utilizar elementos diferenciados para suprir as necessidades arquitetônicas dos projetos. Em virtude dessa necessidade e preciso aprimorar as técnicas de análise já existentes, para se conseguir aproximar o modelo matemático da realidade.

2. DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS

Como não existem bibliografias ou artigos apresentando um modelo básico para a concepção dos possíveis modelos que os pilares árvore podem assumir, serão analisados alguns modelos utilizando análise de flambagem elástica, para se avaliar o comportamento dos modelos através de comparações geométricas e carga elástica de flambagem.

Para melhor compreender o comportamento dos pilares árvore serão montados modelos variando angulação entre os ramos, número de ramos e comprimento dos elementos, porém mantendo a altura total constante.

2.1 Modelos em 2D e 3D

Os primeiros modelos criados para se entender o comportamento dos Pilares

árvore, foi determinado qual a influência do número de ramificações e a angulação entre ramos irá afetar em relação ao aumento de comprimento dos elementos e o aumento da carga crítica comparada a um pilar padrão. Foram desenvolvidos vários modelos variando apenas a angulação entre os ramos, mantendo a altura constante e utilizando o mesmo carregamento para todos os modelos.

Para os modelos 2D foram encontrados os seguintes valores após feitas as análises:

Figura 1 – Modelo Padrão

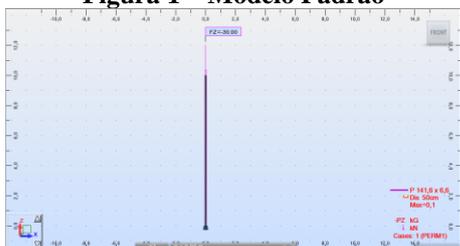


Figura 2 – Modelo de Ramificação

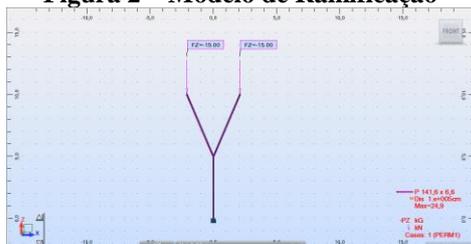
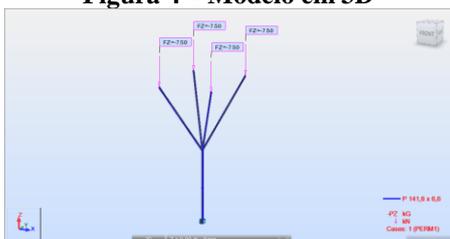


Figura 3 - Resultados modelos 2D

Modelos 2D				
Tipo	Comprimento (mm)	PE crítico (kN)	Aumento de comprimento	Aumento de carga
Padrão	10000	30,86	-	-
15°	14282	32,93	42,82%	6,71%
25°	14800	32,73	48,00%	6,06%
35°	15000	32,66	50,00%	5,83%
45°	16000	32,31	60,00%	4,70%
55°	19946	30,87	99,46%	0,03%
45° 4 ramos	19530	31,65	95,30%	2,56%

Seguindo o mesmo padrão foram desenvolvidos modelos em 3D, também fazendo a variação de angulação entre ramos e mantendo a altura constante.

Figura 4 – Modelo em 3D



Os resultados encontrados para os modelos em 3D foram os seguintes:

Figura 5 - Resultados Modelos 3D

Modelos 3D				
Tipo	Comprimento (mm)	PE crítico (kN)	Aumento de comprimento	Aumento de carga
Padrão	10000	30,86	-	-
4 ramos diretos	27540	34,68	175,40%	4,74%
4 ramos divididos	28804	35,56	188,04%	1,03%
6 ramos diretos	38310	32,89	283,10%	6,65%
6 ramos divididos	37540	34,4	275,40%	4,89%
8 ramos diretos	41608	32,25	316,08%	5,96%

Com os resultados obtidos foi possível entender qual a influencia de utilizar uma angulação muito elevada entre os ramos diminuindo consideravelmente a resistência global do elemento e se utilizar uma angulação muito baixa o elemento se comporta como um elemento simples, assim não tendo uma grande vantagem na sua utilização.

2.2 Capacidade resistente dos pilares árvore

Outro tipo de análise que foi desenvolvida foi para determinar qual a influencia do comportamento dos pilares enquanto se varia a altura do ponto onde ocorre a ramificação do pilar.

Para isso foi desenvolvidos modelos de ramificação variando os ramos de 4, 6 e 8 ramos e variando a altura do ponto onde ocorre essa ramificação, para tentar compreender como ele se diferencia de um pilar comum apenas engastado e livre no topo, para se comparar os modelos foi utilizada a análise elástica de flambagem a qual apresenta como resultados modos de flambagem que são possíveis determinar a carga crítica do modelo e assim determinando a capacidade do modelo.

Outro parâmetro que foi utilizado foi de utilizado à mesma seção para todos os elementos é utilizar uma carga constante para o pilar padrão e para os demais apenas dividindo essa carga conforme o número de ramificações. Como referência foi utilizada uma carga de 150 kN e uma seção tubular de sem costura de 168,3 x 7,1 mm.

Figura 6 – Pilar padrão



Figura 7 - Resultado

Pilar Padrão			
-	Coefficiente	Carga (kN)	Carga Crítica (kN)
6m	1,00	150,00	150,72

Modelo com 4 ramos e variando o nó de ramificação, com os resultados dos demais:

Figura 8 - Modelo com 4 ramos

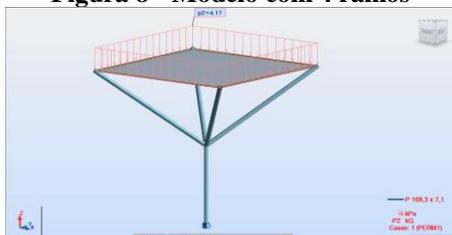


Figura 9 – Resultado modelo 4 ramos

4 ramos placa de 6 x 6 m			
-	Coefficiente Crítico	Carga (kN)	Carga Crítica (kN)
5m	1,15	150,00	173,11
4m	1,30	150,00	195,36
3m	1,42	150,00	213,35
2m	1,60	150,00	240,26
1m	2,02	150,00	303,07

Figura 10 – Resultados modelo 6 ramos

6 ramos placa com 6 x 6 m			
-	Coefficiente	Carga (kN)	Carga Crítica (kN)
5m	0,99	150,00	149,04
4m	1,07	150,00	160,65
3m	1,19	150,00	178,08
2m	1,41	150,00	211,85
1m	1,96	150,00	294,69

Figura 11 – Resultados modelo 8 ramos

8 ramos placa com 6 x 6 m			
-	Coefficiente	Carga (kN)	Carga Crítica (kN)
5m	1,05	150,00	157,42
4m	1,16	150,00	173,40
3m	1,28	150,00	191,32
2m	1,51	150,00	225,76
1m	2,13	150,00	319,07

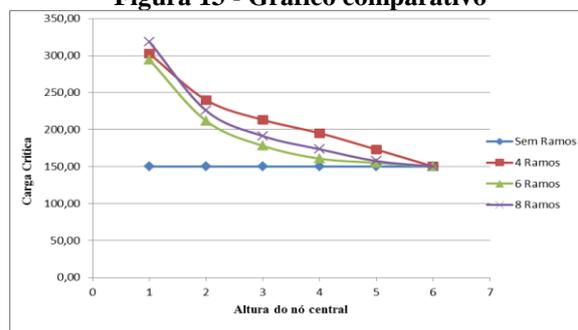
Depois de realizadas todas as análises foi desenvolvido um gráfico comparando os

modelos ramificados com o pilar padrão. Para o desenvolvimento do gráfico de comparação foi confrontado altura do nó de ramificação com a carga crítica (P_e).

Figura 12 – Comparação dos resultados

	Sem Ramos	4 Ramos	6 Ramos	8 Ramos
Altura	P_e	P_e	P_e	P_e
6	150,00	150,00	150,00	150,00
5	150,00	172,97	155,04	157,42
4	150,00	195,21	160,65	173,40
3	150,00	213,19	178,08	191,32
2	150,00	240,08	211,85	225,76
1	150,00	302,84	294,69	319,07

Figura 13 - Gráfico comparativo



As conclusões obtidas através da análise do gráfico desenvolvido através da comparação dos modelos com o modelo padrão, com os dados obtidos através do gráfico foi possível concluir que os modelos dos pilares árvore apenas engastados e livres no topo não conseguem ter um desempenho tão superior a apenas um pilar sozinho, além de ser necessário utilizar uma quantidade maior de material, não se obtém uma relação de peso/resistência.

2.3 Comparação entre peso/resistência

Com os resultados obtidos com as análises anteriores foi necessário desenvolver outro tipo de abordagem para tentar entender melhor o comportamento de como os pilares árvore se comportam e como é possível se obter o melhor desempenho na utilização desse tipo de elemento.

Com esse tema para desenvolver foi então feita uma análise comparativa dos mesmos modelos anteriores de ramificação e

de pilar padrão, a partir dessa conclusão obtida anteriormente será proposto fazer uma análise mais avançada e real da utilização dos pilares árvore, serão criados modelos utilizando travamentos nos seus extremos como engastados na base e travados no topo, o que é comum de ocorrerem onde os elementos de cobertura fazem essa função.

Serão modelados fazendo a análise e dimensionamento completo para determinar a real resistência dos mesmos, será utilizada a eficiência dos perfis próxima a 80%, assim conseguindo ter a real relação de peso/resistência do modelo.

Figura 14 – Resultados

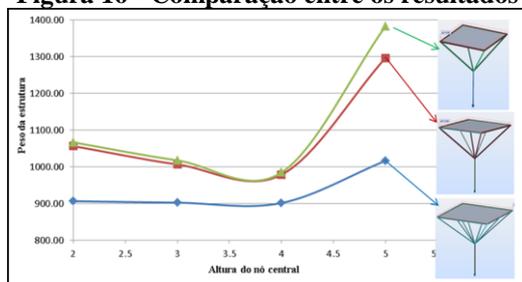
4 ramos placa de 6 x 6 m			
-	Peso da estrutura (KG)	Carga (kN)	Peso/resistência
5m	1.382,00	200,00	6,91
4m	984,00	200,00	4,92
3m	1.017,00	200,00	5,09
2m	1.066,00	200,00	5,33

Figura 15 - Resultados

6 ramos placa de 6 x 6 m			
-	Peso da estrutura (KG)	Carga (kN)	Peso/resistência
5m	1.296,00	200,00	6,48
4m	978,00	200,00	4,89
3m	1.006,00	200,00	5,03
2m	1.056,00	200,00	5,28

Com os dados obtidos foi desenvolvido um gráfico confrontando peso da estrutura contra a altura do nó central.

Figura 16 - Comparação entre os resultados



Analisando o gráfico construído e possível concluir que a certa altura do nó onde ocorre a ramificação o modelo chega a um ponto onde o desempenho da estrutura

necessita de um aumento significativo de material para conseguir suportar o mesmo carregamento, assim sendo um ponto de desempenho máximo para o modelo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à geometria após as várias análises dos modelos foi possível concluir, que seriam os melhores parâmetros em relação à angulação os modelos variando a angulações entre 40° até 55° entre seus ramos fora dessa angulação os modelos começam a perder resistência e ficar com uma instabilidade elevada.

Em relação à altura adequada para se iniciar a ramificação mesmo sendo melhor ter uma altura inicial para ramificação é possível que ocorra uma incompatibilidade em relação ao projeto arquitetônico assim obrigando a começar a ramificação com uma altura onde não ocorra obstrução de circulação ou de outros objetos, também por ocorrer o problema da relação entre altura total e ponto de ramificação onde o elemento necessita de uma maior quantidade de material para suportar a mesma ação.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*. Rio de Janeiro - RJ, 2008.

BUELOW, Peter Von. *A geometric comparison of branching structures in tension and compression versus minimal paths*. Ann Arbor, MI, USA: 2007.

REIS, A. e CAMOTIM, D. *Estabilidade estrutural*. Editora McGraw-Hill. Lisboa, Portugal: 2001.