

Um ábaco para pré-dimensionamento de seções de coberturas em arco treliçadas de perfis formados a frio

Pollyanna Fernandes Bianchi

Eng. Civil, MEDABIL, pollyana.bianchi@gmail.com

Marinês Silvani Novello

M.Sc., Prof. assistente Eng. Civil, Universidade de Passo Fundo, marinesnovello@upf.br

Zacarias Martin Chamberlain Pravia

D.Sc., Programa Pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo, zacarias@upf.br

INTRODUÇÃO

O pré-dimensionamento de uma estrutura é o procedimento que precede a análise estrutural, verificação de resistência e estabilidade e de limites de deslocamento e é uma preparação para o seu detalhamento, projeto e execução, pois é a partir desta etapa que se consegue determinar as dimensões das barras usadas. O pré-dimensionamento é feito a partir da utilização de fórmulas empíricas, experiências prévias ou a partir de gráficos. Existem diversas publicações para pré-dimensionamento de coberturas em arco e para treliças. Segundo REBELLO (2007, p.61), o pré-dimensionamento através de fórmulas empíricas não apresenta a mesma precisão do que feita através de gráficos.

Segundo Ching et. Al. (2010) para o pré-dimensionamento da altura de uma viga de aço, pode-se adotar para perfis I de aço altura igual ao vão sobre 20 e para perfis tubulares de aço, altura igual ao vão sobre 15. E considera ainda que a largura da viga varia de 1/3 a 1/2 da altura da viga.

O grande objetivo de se determinar o perfil ideal para a utilização na estrutura consiste na escolha do perfil de aço mais leve capaz de resistir aos esforços de compressão, flexão e de cisalhamento dentro dos limites permissíveis de esforços e sem uma deflexão excessiva considerando-se o uso previsto. (CHING et. Al., 2010).

Nessas publicações são dados parâmetros de pré-dimensionamento da altura da treliça, da relação entre o arco e flecha, porém nenhuma informação sobre qual seção definir para cada um dos elementos, banzos, diagonais e montantes. Esse é o objeto deste trabalho, determinar a partir de vários modelos definidos quais os perfis que podem ser usados para iniciar um projeto com seções próximas da solução real.

Segundo REBELLO (2007, p.62) a flecha ideal (f) será aquela que resulte no menor volume de volume de material, ou seja:

- A flecha deve estar entre os seguintes limites: $\frac{L}{10} \leq f \leq \frac{L}{5}$
- A largura do arco (b) deve estar entre $\frac{h}{10} \leq b \leq \frac{h}{5}$
- A espessura do arco (h) será igual a 2% do vão.

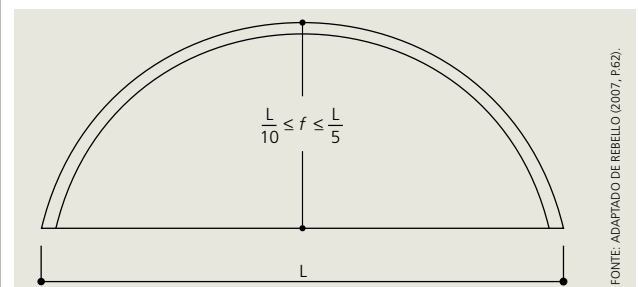


Figura 1: modelo de pré-dimensionamento de arco

Neste trabalho procurou-se estudar quais seções poderiam ser usadas como ponto de partida de composições de arcos treliçados para coberturas, com seções de duplas cantonei-

ras ou perfis U, ambos perfis formados a frio. Se trabalhou com as seções padronizadas pela ABNT 6355:2012. A escolha dos modelos levou em conta aqueles estudados por D'Alembert (2014). Quanto as contenções laterais foram consideradas as seguintes situações:

- Colunas: sem contenções laterais;
- Vigas de cobertura (arcos): contenções relativas inferiores aproximadamente a cada 04 nós. Os nós superiores possuem travamento a cada nó da treliça onde são instaladas as terças de cobertura.

De posse dos resultados dos esforços de cálculo atuantes na estrutura, todos os elementos que compõe os modelos estruturais foram dimensionados considerando-se o tipo de aço definido neste trabalho (ASTM A572 Grau 50), sendo que nas verificações a meta era obter a menor quantidade de massa de aço possível para tornar o projeto mais viável economicamente dentro dos padrões normativos.

Nas análises e dimensionamento das estruturas de aço considerou-se como sistema estrutural: na direção transversal, pórticos com conexões consideradas rígidas e bases engastadas. Na direção longitudinal foram pórticos com contenções laterais dispostas verticalmente com bases rotuladas. As seções transversais dos perfis de cobertura em arco foram compostos por perfis U e modelos compostos por cantoneiras duplas, ambas de chapas dobradas a frio considerando diferentes posições.

Nos modelos estruturais que foram analisados utilizaram-se um conjunto de dados de vãos dos pórticos, altura da coluna e distância entre pórticos, conforme a configuração da Figura 2 e dados contidos na tabela 1.

Dimensões padrões para análises dos modelos						
L - Vão Livre (m)	Altura da coluna H (m)	Distância entre pórticos - B1 (m)	Comprimento (m)	f - flecha do arco (m)	h - altura da treliça (m)	Et - espaçamento das terças (m)
15,00	6,00	6,00	60	3	0,30	1,20
25,00	9,00	9,00	63	5	0,5	1,20
35,00	12,00	12,00	60	7	0,7	1,40
45,00				9	0,9	1,70

Tabela 1: dimensões padrões para análises dos modelos

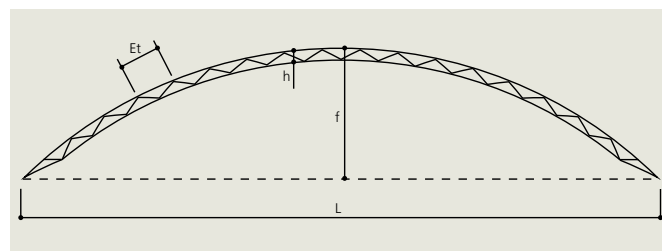


Figura 2: configuração e dimensões dos arcos

Para a análise estrutural dos pórticos e dimensionamento dos elementos de aço considerou-se as normas técnicas: ABNT NBR 6120 (ações nas edificações), 6123 (ações devidas ao vento), 8681 (segurança nas estruturas), 8800 (projeto de estruturas com perfis laminados e soldados), 14762 (projeto de estruturas com perfis formados a frio).

Para as ações e combinações foram consideradas as ações permanentes, incluído o peso próprio da estrutura, uma ação accidental mínima de 0,25kN/m², e o vento para velocidades básicas de 30, 35, 40 e 45 m/s. As combinações usadas foram conforme a ABNT NBR 8800 para estados limites e as frequências para as de estado limite de serviço. Foram verificadas todas as flechas dos elementos e do conjunto.

RESULTADOS

A partir da análise dos resultados obtidos os itens que tiveram menor influência nas variações das seções transversais adotadas para os perfis foram a pressão do vento, e a distância entre pórticos. A cobertura em arco treliçada tem a característica de suportar cargas elevadas sem necessitar de um perfil com grandes espessuras, como observado nos resultados, nos quais se obteve como maior espessura a de 3,35mm, o que garante fácil fabricação, montagem e transporte, e não acarreta num acréscimo de peso na estrutura. Este trabalho buscou analisar dados e facilitar a aplicação do dimensionamento dos perfis obtidos, garantindo a segurança da estrutura e obtendo o perfil mais econômico para cada situação.

A partir dos resultados do dimensionamento foram estruturados e elaborados ábacos para auxiliar no pré-dimensio-

namento da cobertura em arco. Os mesmos foram elaborados considerando 4 (quatro) incógnitas, que são: a velocidade básica do vento, vão dos pórticos, espaçamento entre pórticos e pé-direito. Foram elaborados dois ábacos, um para perfil em cantoneira dupla e outro em perfil U, ambos em perfil formado a frio.

Para estruturação dos ábacos, primeiramente determinou-se um eixo ortogonal de coordenadas globais, considerando a velocidade no eixo (y) e a largura do pórtico no eixo (x), tal como observado nas Figuras 3 e 4. Na intersecção destes pontos surge um novo sistema de coordenadas (Figura 5), com os eixos ovacionados em 45°, no sentido anti-horário em relação ao primeiro sistema, neste sistema local o eixo y' é a distância entre os pórticos e o eixo x' o pé-direito.

EXEMPLO DE USO

Para dimensionar um pórtico com as seguintes características:

- Vão do pórtico, largura: $L=35,0\text{m}$
- Altura da coluna: $H=9,0\text{m}$
- Espaçamento entre pórticos: $B=6,0\text{m}$
- Velocidade do vento – Mapa de Isopletas: $V_0=40\text{m/s}$

Pré-dimensionamento pelo Ábaco:

- Primeiramente encontrar a largura de $L=25\text{m}$ no eixo de coordenadas cartesianas horizontal (x);
- No eixo de coordenadas (y) encontra-se a velocidade básica do vento $V=40\text{m/s}$ sendo assim formada a primeira intersecção no eixo das coordenadas cartesianas.

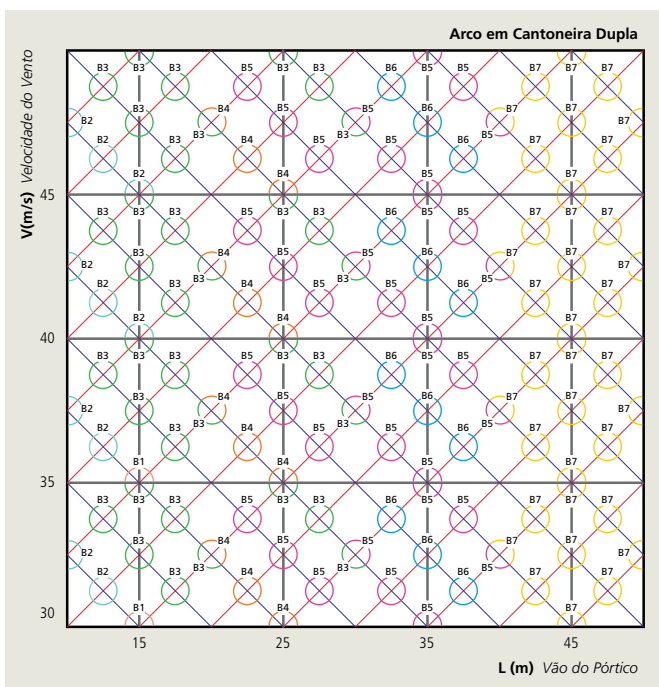


Figura 3: ábaco para determinação das seções com dupla cantoneira para arcos

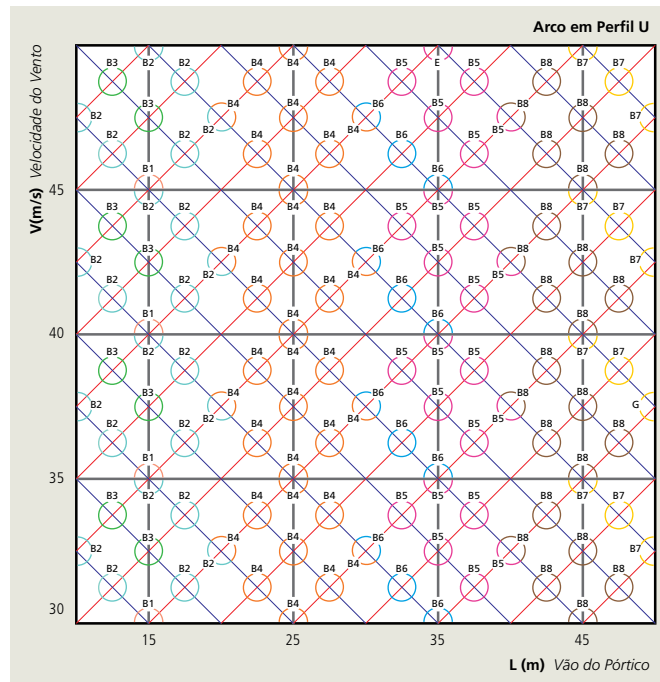


Figura 4: ábaco para determinação das seções com perfis U para arcos

Nesta intersecção encontra-se o ponto de origem do novo sistema de coordenadas globais com 9 opções, variando o pé-direito ($H=6, 9$ e 12m) e a distância entre pórticos ($B=6, 9$ e 12m), linhas estas que estão rotacionadas em 45° a partir do eixo global (Figura 5). Rotacionando esta figura em 45° encontra-se os novos eixos globais a partir da origem da intersecção de L e V;

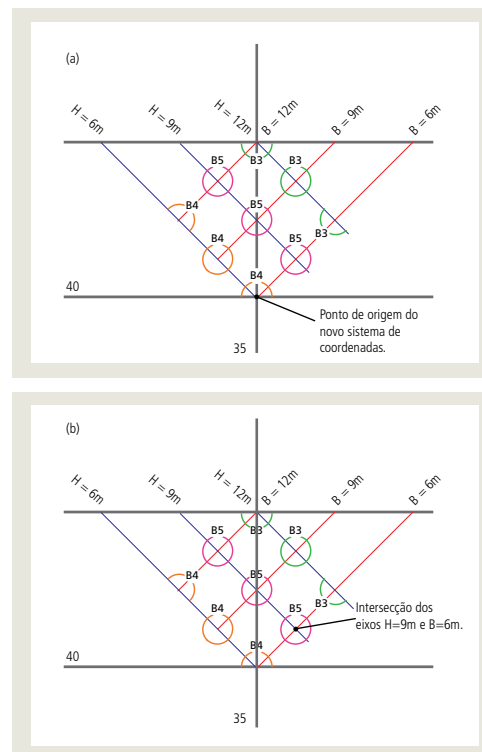


Figura 5: ponto de origem do novo sistema de coordenadas

Encontra-se então a intersecção entre o eixo que representa o pé-direito, $H=9\text{m}$ e o eixo que representa o espaçamento entre pórticos, $B=6\text{m}$, vide *Figura 5(b)*.

Esta intersecção define o ponto no qual se encontra o perfil pré-dimensionado para a cobertura em arco para as características admitidas anteriormente, para $V_0=40\text{m/s}$, $L=25\text{m}$, $B=6\text{m}$ e $H=9\text{m}$. Portanto, o perfil requerido para este exemplo é o correspondente ao código B5, que conforme a *Tabela 2*, o perfil é 2L 50x2,25x50.

Se for usado para os mesmos parâmetros iniciais, porém prevendo o uso de perfis U nos banzos e nas diagonais, o perfil usado seria o U100x75x2,65.

Identificação de perfil por código do ABACO

	Cantoneira Dupla	Perfil U
B1	2L 30x25x2,25	U 50x40x2,25
B2	2L 30x40x2,25	U 75x40x2,25
B3	2L 30x50x2,25	U 80x40x2,25
B4	2L 30x50x2,65	U 100x40x2,25
B5	2L 50x50x2,25	U 100x75x2,65
B6	2L 50x50x2,65	U 125x50x2,25
B7	2L 80x50x3,35	U 125x75x2,65
B8		U 150x50x2,65

Tabela 2: Identificação de perfil por código do ABACO

CONCLUSÕES

A análise dos diversos modelos estruturais adotados neste trabalho teve por objetivo fornecer resultados para que o leitor que não está acostumado com o assunto consiga entendê-lo e utilizá-lo no dia a dia, norteando-o na etapa de pré-dimensionamento para que este atribua o perfil mais próximo da realidade, conseguindo ter uma base para a determinação do peso da estrutura, a curto prazo.

Diante dos resultados apresentados verifica-se que os objetivos deste trabalho foram atingidos, de forma que foram desenvolvidos ábacos para aplicação direta e simplificada para a escolha dos melhores perfis para diferentes situações de projeto. A vantagem deste estudo é a determinação de um perfil de projeto o mais próximo da realidade possibilitando um orçamento mais preciso e de forma rápida para ser entregue ao cliente.

Na continuação deste artigo estão sendo preparadas os ábacos para as colunas treliçadas de arcos, assim como tesouras para coberturas. ■

AGRADECIMENTOS

A Stabile Engenharia pela licença do programa MCalc 3D concedidas para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6120:1980 Cargas para o cálculo de estruturas para edificações. Rio de Janeiro: 1980.
- NBR 6123:1988. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: 1988.
- NBR 8800:2008. Projetos de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro: 2008.
- NBR 14672:2010 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro: 2004.
- CARVALHO, Paulo Roberto M. de.; GRIGOLETTI, Gladimir.; DALTROZO BARBOSA, Giovana. Curso Básico de perfis de aço formados a frio. 3ª edição. Porto Alegre [s.n.], 2014. 370 p.
- CHAMBERLAIN PRAVIA, Zacarias. M., Drehmer, G. A., Galpões para usos gerais. 4ª ed. Instituto Aço Brasil. Rio de Janeiro: IAB/CBCA, 2010. 74p.
- D'ÁLAMBERT, Flávio Correa. Galpão em pórticos com perfis estruturais laminados. Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em aço. Rio de Janeiro, 5ª ed. 2014. 68p.
- REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. Bases para projeto estrutural na arquitetura. 5ª ed. São Paulo: Zigarette, 2007. 286 p.
- STABILE ENGENHARIA LTDA. Manual Mcalc3D. 3ª versão.