



## Vigas aligeiradas de aço, a solução para grandes vãos

A próxima versão de **Tricalc** incluirá a possibilidade de calcular vigas aligeiradas de aço, com diferentes tipologias de aligeiramento.

### Um pouco de história

As vigas aligeiradas ou também chamadas vigas Boyd foram inventadas por Geoffrey Murray Boyd na década dos anos 30 do século passado, quando trabalhava na construção de uma grua mono carril. As vigas que tinha em stock para realizar o trabalho tinham a largura de banzo necessária para que a grua pudesse deslocar-se, mas nenhuma tinha rigidez suficiente para poder comprovar o vão que necessitava vencer. Boyd decidiu cortar as vigas de duplo T que tinha através de uma linha quebrada de tal modo que as duas partes resultantes podiam sobrepor-se e soldar-se, criando uma nova viga de maior altura com aberturas na alma. O aumento da altura aumentava a rigidez, enquanto o peso por unidade de comprimento permanecia constante.

Por exemplo, um perfil IPE de 300 ( $h = 300$  mm,  $I_z = 8.356$  cm<sup>4</sup> e  $W_{pl,z} = 628,4$  cm<sup>3</sup>), pode passar para uma secção aligeirada com alvéolos hexagonais de altura 480 mm com uma inércia equivalente de  $I_z = 22.990$  cm<sup>4</sup> e um módulo resistente mínimo de  $W_{pl,z} = 4.704,3$  cm<sup>3</sup>.

### Tipos de vigas aligeiradas

Os tipos mais habituais de vigas aligeiradas, dependendo do corte realizado na viga base, são os mostrados na Figura 1: com alvéolos hexagonais, octogonais e circulares.

A forma de obter as aberturas octogonais é a mesma que para as aberturas hexagonais, mas adicionando uma chapa elevadora que aumenta ainda mais a altura. São menos utilizadas por originar uma alma demasiado esbelta, provocando problemas de instabilidade. Com outros cortes podem conseguir-se outras formas de alvéolo.

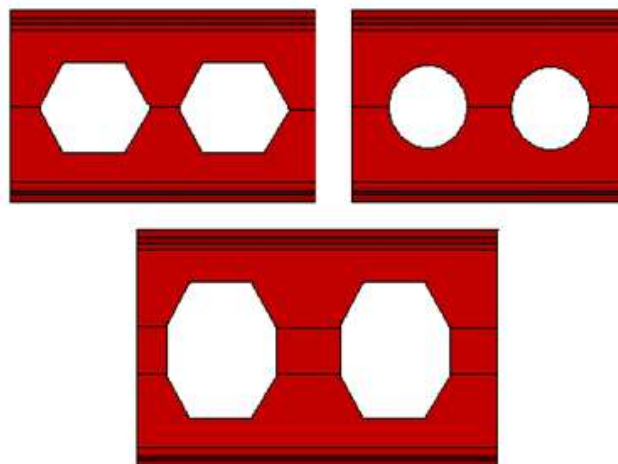


Figura 1: Alguns tipos de vigas aligeiradas

### Métodos de cálculo

Por não existir nas normas actuais (nem Eurocódigo 3, CTE, AISC), métodos ou critérios para calcular este tipo de vigas, esse cálculo pode abordar-se de duas formas. Uma das formas é através da utilização de elementos finitos e a outra consiste em fazer uma aproximação através um método simplificado, que consiste em assimilar o problema

a uma viga 'Vierendeel' com acções concentradas nos nós, com rótulas nos pontos médios das almas e dos banzos, como se vê a amarelo na Figura 2.

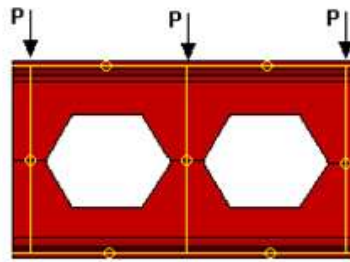


Figura 2: Simplificação como viga Vierendeel

O momento e o transverso existente numa secção como a A-A da Figura 3 distribui-se entre os banzos superior e inferior como um par de forças de valor  $M/h$  e metade do transverso  $Q$  para cada banzo. Na secção B-B da mesma figura, a força  $M/h$  provoca um axial e o transverso  $Q/2$  provoca um momento. Nessas secções há que comprovar se resistem aos esforços actuantes.

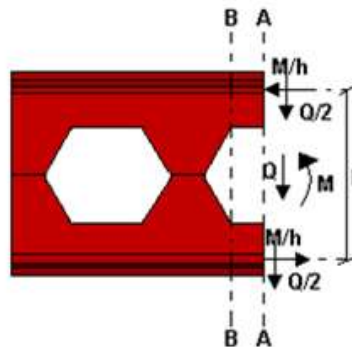


Figura 3: Distribuição do momento e transverso entre os banzos superior e inferior

Para além destas comprovações nos banzos é necessário comprovar na alma a capacidade de absorção de transverso, o esforço de corte na zona da soldadura, assim como os fenómenos de instabilidade local.

### Aplicação prática

Actualmente são cada vez mais as estruturas que incluem vigas aligeiradas, tanto pelo efeito visual que produzem como pela vantagem real quando se pretende vencer grandes vãos. Normalmente utilizam-se em grandes naves industriais, polidesportivos, passagens, etc. Para além das vantagens de aumento de rigidez, módulo resistente e diminuição de flecha, as condutas para as instalações podem atravessar estas vigas pelas aberturas, o que também origina uma poupança de espaço.



Fotografia extraída do catálogo de ArcelorMittal: "[Vigas alveolares](#)"

### Implementação em Tricalc

Para responder à necessidade de cálculo deste tipo de vigas, Tricalc implementa a sua introdução e tratamento. No

momento de introduzir os perfis, o utilizador disporá de uma grande liberdade para definir a sua geometria. Pode iniciar-se a geometria desde um perfil da base, para depois adicionar as características particulares do aligeiramento: tipo de alvéolo, separação entre alvéolos, relação entre alturas... Para definir o perfil base o utilizador poderá introduzir os seus próprios parâmetros ou basear-se num dos perfis que já exista na base de dados, através do botão "Seleccionar perfil base", como se observa na Figura 4. Os aligeiramentos permitidos são de três tipos: hexagonais, octogonais e circulares. Dependendo do tipo de alvéolo seleccionado, solicitam-se os parâmetros adicionais necessários para a sua definição da geometria.

Figura 4.

Uma vez introduzidos todos os dados, o botão "Ver características" permite aceder às características do novo perfil (Figura 5), obtendo automaticamente os momentos de inércia, módulos resistentes elásticos e plásticos... Todas estas características são apresentadas para os três tipos de secção: secção cheia, secção aligeirada (um "T") e secção equivalente.

Parámetro	Sección llena	Sección aligerada	Sección equivalente
<b>Dimensiones (mm)</b>			
h	300	50	300
twEq	0.0	0.0	2.8
<b>C.d. Gravedad (mm)</b>			
Zg	0.0	0.0	0.0
Yg	0.0	140.4	0.0
<b>Áreas (cm²)</b>			
Ax	34.064	11.442	28.484
Ay	15.275	1.871	7.967
Az	11.437	5.689	11.416
<b>Momentos de inercia (cm⁴)</b>			
Ix	7.566	2.376	7.529
Iy	142.514	70.894	142.258
Iz	4908.320	15.254	4721.654
<b>Módulos resistentes (cm³)</b>			
<b>Elásticos</b>			
Wt	8.901	2.795	8.858
Wy.el	28.503	14.179	28.452
Wz.el	327.221	3.777	314.777
<b>Plásticos</b>			
Wy.pl	44.719	21.575	43.543
Wz.pl	359.900	9.132	331.900

Figura 5: Parâmetros do perfil aligeirado

### Secção equivalente

O conceito de secção equivalente consiste em considerar uma secção sem alvéolos, supondo uma espessura de alma menor em toda a banda ocupada por esses alvéolos, distribuindo o aço disponível nessa banda de forma homogénea. O momento de inércia é maior que o da secção aligeirada mas algo menor que o da secção cheia.

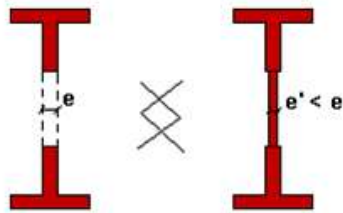


Figura 6: Seção equivalente

Fazer esta equivalência é necessário inicialmente para o cálculo dos esforços, já que será o momento de inércia dessa seção o utilizado para completar os termos da matriz de rigidez da barra. Esta inércia equivalente também se utiliza para o cálculo da flecha.

### Zonas maciçadas

Neste tipo de perfis é muito habitual que no início e no final da viga exista uma zona sem aligeiramento, para resistir melhor os esforços transversos, permitindo também colocar os dispositivos de ligação entre elementos. Quando se realiza a atribuição destes perfis às barras de Tricalc, uma caixa de diálogo permitirá estabelecer que percentagem dessa barra estará maciçada nos extremos.

Para o cálculo, tal como se faz habitualmente em *Tricalc*, analisa-se segundo o procedimento estabelecido para as seções de cada barra. Utiliza-se a analogia de 'Vierendeel' de modo a decompor os esforços actuantes em cada seção. Desta maneira podemos saber os esforços que vão actuar sobre o banzo superior, o banzo inferior e sobre a alma. Nos banzos haverá que considerar a posição da seção, já que se deve ter em conta as seções A e B da Figura 3. Depois fazem-se as comprovações que procedam de cada normativa para os banzos superior e inferior e para a alma: compressão, tracção, flexão, torção, transverso, combinações de esforços, encurvadura local... Para os banzos superior e inferior utiliza-se no cálculo a semi-seção aligeirada, ou seja, a seção em "T" que resulta depois do aligeiramento. As comprovações realizam-se considerando que cada seção analisada pode conter aligeiramento ou não, ficando assim o cálculo do lado da segurança e cobrindo possíveis erros na colocação dos alvéolos durante a fabricação das vigas.