

$$M = F \times d$$

Flexão

Estudar a flexão em barras é estudar o efeito dos momentos fletores nestas barras.

O estudo da flexão que se inicia, será dividido, para fim de entendimento, em duas partes:

- Tensões na flexão;
- Deformações e deslocamentos.

Tensões na Flexão

Antes de iniciar o estudo propriamente dito das tensões desenvolvidas na flexão é necessário recordar:

- Momento de uma força em relação a um ponto

A intensidade do momento de uma força em relação a um ponto é igual ao produto entre a força e a distância entre o ponto e a linha de ação da força.

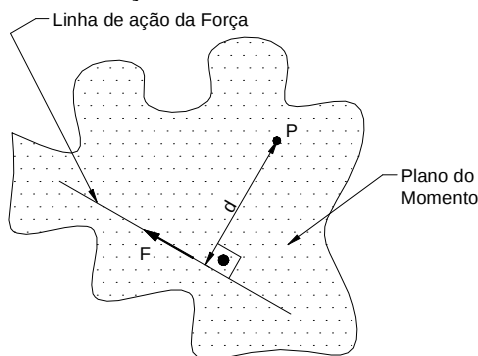


Figura 1 – Força F; ponto P e o plano do momento.

Para o ponto P da figura 1, a intensidade do momento (M) da força F é igual a:

e seu sentido é anti-horário.

Lembre-se aqui que; a distância entre um ponto e uma linha é sempre tomada na direção perpendicular a esta linha.

- Plano de um momento.

O plano de um momento é aquele que contém a força e o ponto considerado.

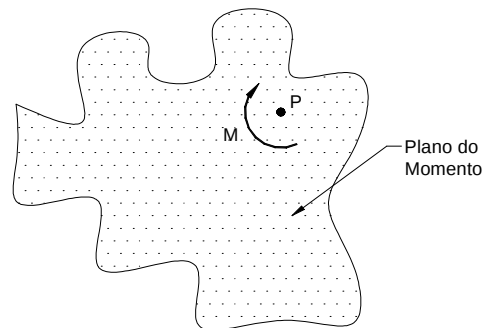


Figura 2 – Momento M no ponto P e o plano do momento.

- Momento Fletor

Em uma barra, um momento é fletor quando o eixo da barra estiver contido no plano do momento.

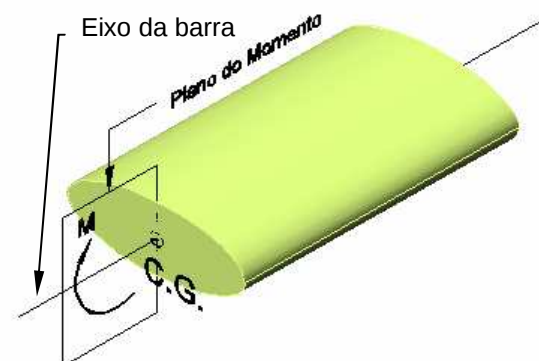


Figura 3 – Momento fletor em uma barra.

Uma observação importante é lembrar que os esforços solicitantes são sempre calculados em relação ao

centro de gravidade da seção estudada.

Classificação da Flexão

O estudo das tensões na flexão se inicia pela classificação da flexão. A flexão é classificada de acordo com dois critérios:

1. De acordo com a posição relativa entre o plano do momento e o par de eixos central de inércia da seção

Com este critério a flexão pode ser:

1.1. Flexão Normal

Quando o plano do momento contém um dos eixos centrais de inércia da seção.

Na figura 4, o par de eixos centrais de inércia é constituído pelos eixos y e z . Nesta figura, o plano do momento contém o eixo y .

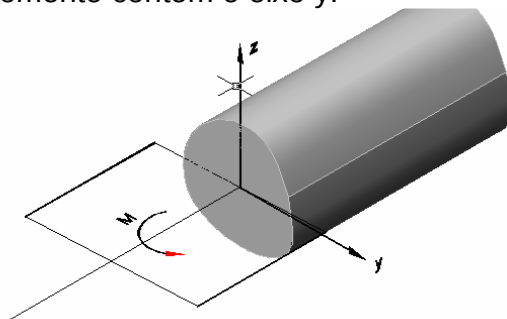


Figura 4– Flexão Normal.

1.2. Flexão Oblíqua

Quando nenhum dos eixos centrais de inércia da seção está contidos no plano do momento.

Na figura 5, o plano do momento está inclinado em relação ao par de eixos centrais de inércia da seção.

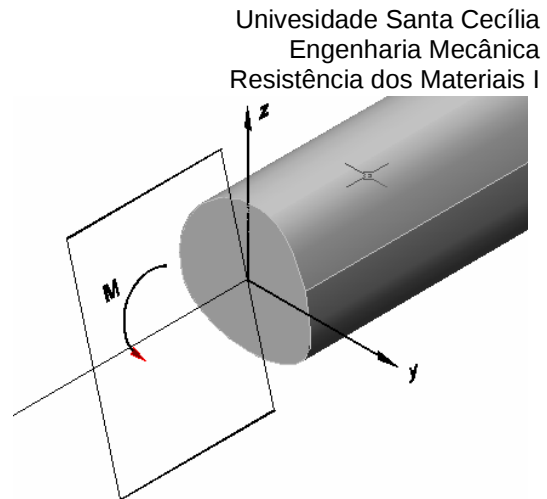


Figura 5 – Flexão Oblíqua.

2. De acordo com o esforço solicitante que acompanha o momento fletor.

Com este critério a flexão pode ser:

2.1. Flexão Pura

Quando o momento fletor é o único esforço solicitante que atua na seção.

2.2. Flexão Simples

Quando, além do momento fletor, atua uma força cortante na seção.

2.3. Flexão Composta

Quando, além do momento fletor, atua uma força normal na seção.

Note-se que estes critérios são complementares. Assim, é possível existir uma **flexão pura normal**, uma **flexão simples oblíqua**, etc.

Tensões Normais na Flexão Pura Normal

Seja uma seção transversal, de área A , de uma barra em equilíbrio, onde é conhecido o par de eixos central de inércia ($y; z$),

solicitada por um momento fletor (M) cujo plano contém o eixo z , como o mostrado na figura 6.

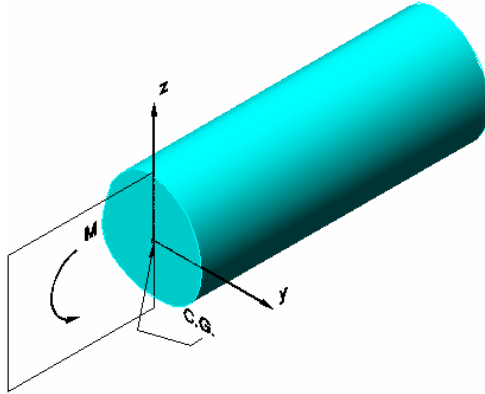


Figura 6 – Flexão pura normal em uma seção de uma barra.

Note-se que quando uma barra prismática é solicitada por um momento fletor, como mostra a figura 7, as seções, deixam de ser paralelas.

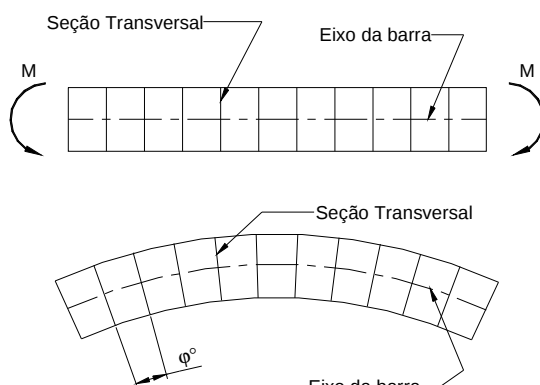


Figura 7 – Barra sob a ação de um momento fletor.

Sob a ação do momento, estas seções sofrem uma rotação (diferente para cada uma) fazendo com que exista um ângulo de inclinação (φ) entre elas.

Desta maneira, a seção da figura 6, sob a ação do momento M sofrerá uma rotação, em torno do eixo y , proveniente das deformações

de seus pontos, como a apresentada na figura 8.

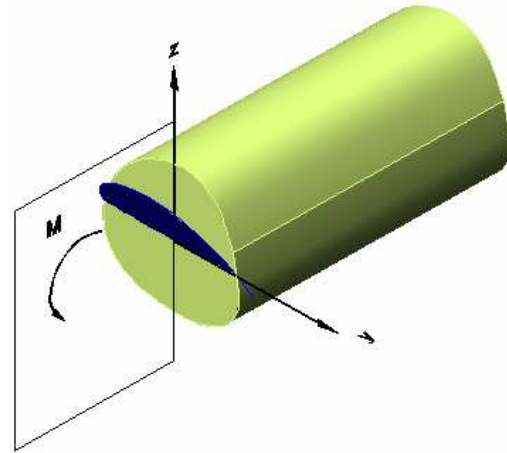


Figura 8 – Rotação da seção transversal, ação de um momento fletor.

Mantidas as hipóteses de Navier, a seção permanece plana e assim, os pontos que estão à mesma distância do eixo y possuem a mesma deformação. Isto pode ser observado na figura 9.

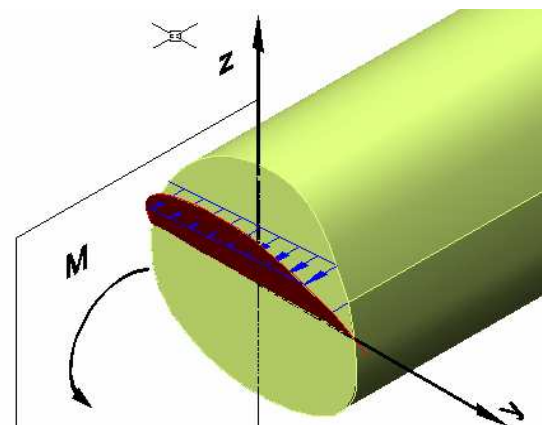


Figura 9 – Deformação dos pontos de uma seção transversal.

Sendo assim, é possível estudar a rotação da seção, estudando apenas a deformação dos pontos que se encontram no eixo z .

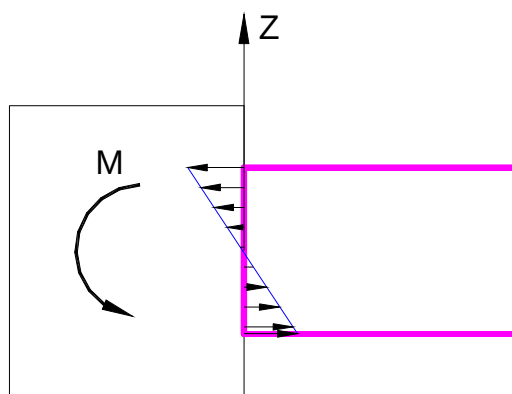


Figura 10 – Deslocamento dos pontos de uma seção transversal.

Note-se que as deformações que ocorrem nos pontos são deformações longitudinais (ϵ). Este tipo de deformação está associada à presença de uma tensão normal (σ).

Dentro do regime elástico, as deformações destes pontos são proporcionais às tensões que neles atuam. Assim, é possível concluir que as tensões normais que atuam nos pontos da seção são proporcionais às distâncias entre os pontos e o eixo y.

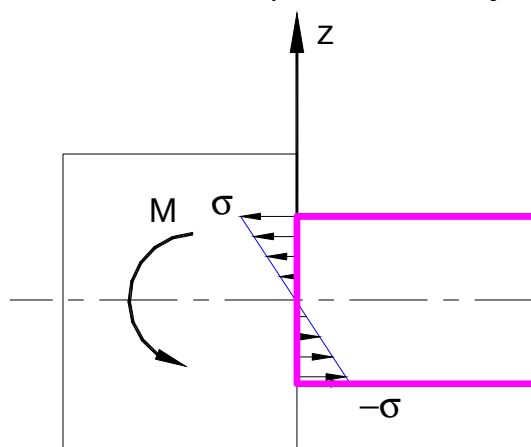


Figura 11 – Distribuição de tensões ao longo de uma linha paralela ao eixo z,

Como a tensão é proporcional à distância entre o ponto que ela atua e o eixo y, a variação desta tensão é

linear com esta distância e pode ser escrita como:

$$\sigma = a \times z + b \quad (1)$$

onde **a** e **b** são constantes.

Para determinar a tensão normal que atua em cada ponto da seção, se deve lembrar que:

$$M = \int_A (\sigma \times z) dA \quad (2)$$

$$N = \int_A \sigma \times dA \quad (3)$$

Lembrando que não existe força normal aplicada na seção o resultado da expressão (3) deve ser nulo. Assim, se tem:

$$N = \int_A \sigma \times dA = 0$$

$$\int_A (a \times z + b) dA = 0$$

$$\int_A (a \times z) dA + \int_A b \times dA = 0$$

$$a \times \int_A (z) dA + b \times \int_A dA = 0 \quad (4)$$

Na expressão (4), a integral $\int_A (z) dA$ é igual ao momento estático da área da seção em relação ao eixo y. Como o eixo y contém o centro de gravidade da seção, este momento estático é igual a zero. Assim, é possível escrever:

$$a \times 0 + b \times A = 0$$

$$b \times A = 0 \quad (5)$$

Na expressão (5), a área A não pode ser igual a zero então, a constante b deve ser igual a zero.

Desta forma, a expressão (1) pode ser escrita da forma apresentada na expressão (7).

$$\sigma = a \times z \quad (7)$$

Quando a expressão (7) é substituída na expressão (3), se encontra:

$$M = \int_A (a \times z \times z) dA$$

$$M = \int_A (a \times z^2) dA$$

$$M = a \times \int_A (z^2) dA \quad (8)$$

Na expressão (8), a integral $\int_A (z^2) dA$ é igual ao momento de inércia da seção em relação ao eixo y (I_y). Assim, é possível escrever:

$$M = a \times I_y$$

$$a = \frac{M}{I_y} \quad (9)$$

Substituindo a expressão (9) na expressão (7), se obtém:

$$\sigma = \frac{M}{I_y} \times z \quad (10)$$

A expressão (10) mostra que a tensão em cada ponto depende do momento fletor que atua na seção, do momento de inércia da seção em

relação ao eixo “em torno do qual a seção gira” e da distância entre o ponto considerado e este eixo.

Note-se, também, que neste tipo de flexão a tensão será nula quando a distância entre o ponto considerado e o eixo, “em torno do qual a seção gira”, for igual a zero. Isto é, para os pontos da seção que se encontram sobre este eixo.

À linha formada pelos pontos onde a tensão normal é nula, se dá o nome de **Linha Neutra**.

A linha neutra “divide” a seção em duas partes: uma parte onde os pontos são tracionados e outra, onde os pontos são comprimidos. Isto pode ser observado pela figura 11.

A figura 12 mostra, mostra para a seção da figura 9 a parte tracionada, a parte comprimida e a linha neutra.

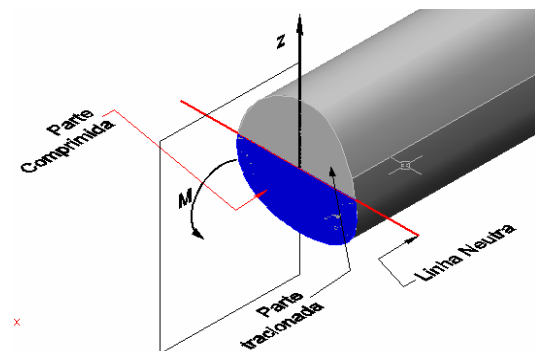


Figura 10 – Linha Neutra; Parte tracionada e parte comprimida de uma seção em uma flexão normal pura.

Lembre-se que, no caso do momento “girar a seção” em torno do eixo z , a tensão em cada ponto da seção pode ser determinada por:

$$\sigma = \frac{M}{I_z} \times y \quad (11)$$

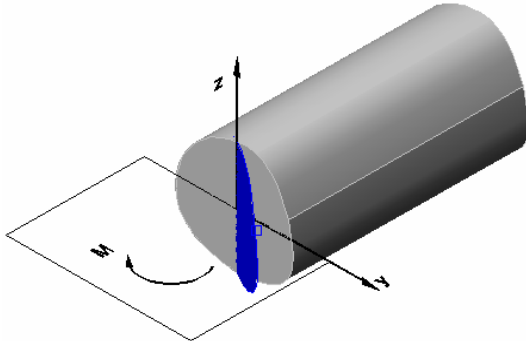


Figura 13 – Deformação dos pontos de uma seção transversal quando o momento “gira a seção” em torno do eixo z.

Observe-se, ainda, que a presença de uma força cortante não irá alterar a tensão normal desenvolvida nos pontos da seção. Com isto, se conclui que **a tensão normal na flexão simples normal tem o mesmo equacionamento que a aqui encontrada.**

OBS:-

1. Para fazer uma diferenciação, se deve indicar o momento que “gira a seção” em torno do eixo y por M_y e o momento que “gira a seção” em torno do eixo z por M_z . Assim as equações que mostram a tensão que atua em um ponto ficam:

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} \times z$$

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} \times y$$

2. Como já foi apresentado, em um ponto de uma seção transversal de uma barra, solicitada por uma flexão, a depender de sua posição, pode ocorrer uma tensão de tração ou uma tensão de compressão. A intensidade desta

tensão depende da distância entre o ponto e o eixo “em torno do qual a seção gira”.

Como neste estudo se está trabalhando apenas com o módulo do momento fletor; para fornecer à tensão que atua no ponto o sinal correto (positivo para a tração e negativo para a compressão), dar-se-á à distância entre o ponto e o eixo (em torno do qual a seção gira) sinal positivo quando este se encontrar no mesmo lado em que o momento traciona a barra e negativo quando ele se encontrar no lado em que o momento comprime a barra.

Tensões Extremas.

Em uma seção submetida à flexão, como já visto, a tensão normal que ocorre em um ponto depende de sua posição na seção.

Na figura 14 pode se observar que o ponto A é o ponto de maior distância à linha neutra que se encontra no lado tracionado da seção. Neste ponto irá ocorrer a maior tensão de tração desta seção.

A esta tensão se dá o nome de **Tensão Extrema de Tração** da seção e se indica por $\max\{\sigma\}$.

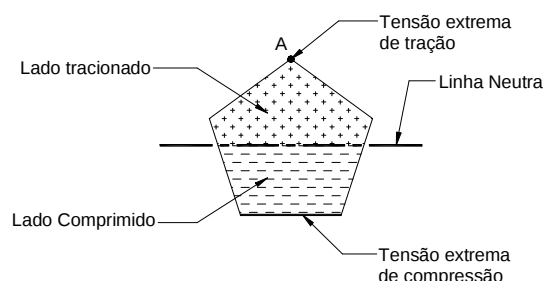


Figura 14 – Linha Neutra; Parte tracionada e parte comprimida e pontos onde ocorrem as tensões extremas.

Observa-se, ainda na figura 14, que no lado comprimido existe uma linha de pontos mais afastada da linha neutra. Nestes pontos irá ocorrer a tensão de compressão mais negativa.

A esta tensão se dá o nome de **Tensão Extrema de Compressão** da seção e se indica por $\min\{\sigma\}$.

Deve-se lembrar que em uma barra podem existir momentos fletores diferentes em seções diferentes. Assim, é possível dizer que a **Tensão Extrema de Tração de uma barra é a maior tensão de tração encontrada dentre as extremas de tração das seções desta barra.**

Da mesma forma, a **Tensão Extrema de Compressão de uma barra é a tensão de compressão mais negativa, encontrada dentre as extremas de compressão das seções desta barra.**

Dimensionamento.

O dimensionamento de uma barra submetida à flexão, com relação à intensidade do esforço aplicado, é feito limitando-se as tensões extremas aos valores das tensões admissíveis do material; isto é:

$$\max\{\sigma\} \leq \bar{\sigma}_{\text{tração}} \quad (12)$$

$$|\min\{\sigma\}| \leq |\bar{\sigma}_{\text{compressão}}| \quad (13)$$

Flexão Composta Normal

Na flexão composta, além do momento fletor, existe a presença de uma força normal. Isto pode ser observado na figura 15.

Sabendo-se que a força desenvolve em cada ponto da seção uma tensão normal:

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (14)$$

é possível concluir que a tensão normal resultante existente em uma flexão composta é o resultado da soma vetorial entre a tensão normal desenvolvida pelo momento e a tensão normal desenvolvida pela força.

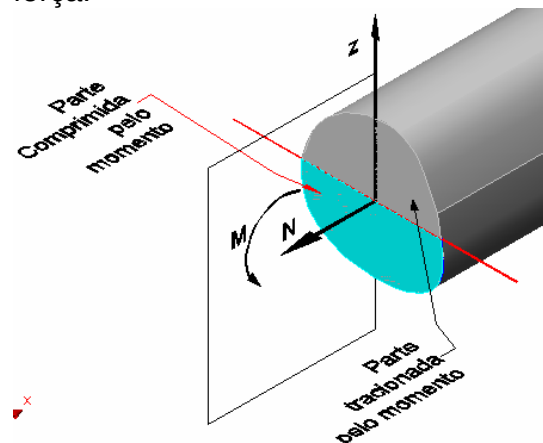


Figura 15 – Esforços na flexão normal composta.

Assim, para os esforços apresentados na figura 15, a tensão resultante em cada ponto fica:

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} \times z \oplus \frac{N}{A} \quad (15)$$

No caso do momento “girar a seção” em torno do eixo z; a tensão

resultante em cada ponto na flexão composta fica:

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} \times y \oplus \frac{N}{A} \quad (16)$$

OBS:-

1. As expressões 15 e 16 mostram que a resultante da tensão normal em cada ponto é o resultado da soma algébrica entre a tensão normal desenvolvida pelo momento fletor e a tensão normal desenvolvida pela força normal.
2. Nos pontos que se encontram sobre o eixo “em torno do qual a seção gira pelo momento”, a tensão normal resultante não é igual a zero. A tensão normal resultante será nula nos pontos de uma linha paralela a este eixo. Assim, **em uma flexão normal composta, a linha neutra será um segmento de reta paralelo ao eixo “em torno do qual a seção gira”**.
3. Para determinar a posição desta linha neutra, se deve lembrar que, quando o momento “gira a seção” em torno do eixo y, a tensão normal resultante é dada por:

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} \times z \oplus \frac{N}{A} = 0$$

$$\frac{M_y}{I_y} \times z = -\frac{N}{A}$$

$$z = -\frac{N \times I_y}{A \times M_y} \quad (17)$$

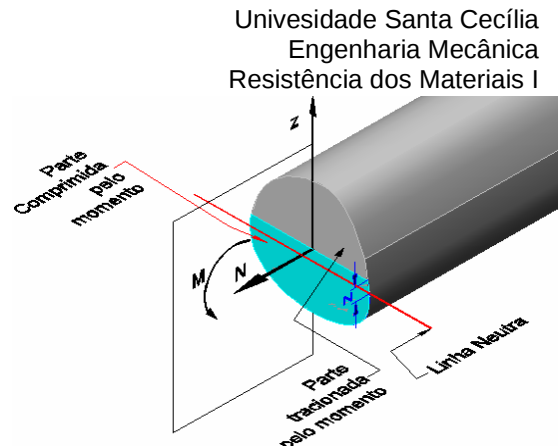


Figura 16 – Posição da linha neutra na flexão normal composta.

4. Quando o momento “gira a seção” em torno do eixo z, a posição da linha neutra é dada por:

$$y = -\frac{N \times I_z}{A \times M_z} \quad (18)$$

Módulo de Resistência

Como visto anteriormente, o dimensionamento à flexão normal, é feito limitando-se os valores das tensões extremas aos valores das tensões admissíveis.

As tensões extremas são localizadas em pontos característicos da seção transversal. Por exemplo, na seção da figura 17, quando o momento “gira” a seção em torno do eixo y, as tensões extremas irão ocorrer, sempre, nos pontos A e B.

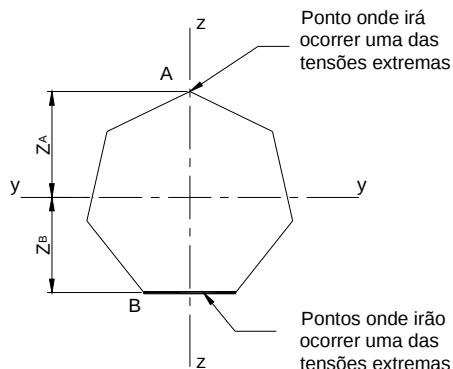


Figura 17 – Pontos onde ocorrem tensão extrema em uma seção que “gira” em torno do eixo y.

Como esta posição relativa entre estes pontos e o momento de inércia, em relação ao eixo em torno do qual a seção gira, não se modifica, é possível tratar trata-la como uma propriedade da seção. Assim, é possível escrever:

$$\sigma_{\text{extre.}} = \frac{M_y}{I_y} Z_A$$

$$\sigma_{\text{extre.}}^I = \frac{M_y}{I_y} Z_B$$

Considerando o que foi dito no parágrafo anterior, é possível registrar:

$$\sigma_{\text{extre.}} = \frac{M_y}{\frac{I_y}{Z_A}} \quad (19)$$

$$\sigma_{\text{extre.}}^I = \frac{M_y}{\frac{I_y}{Z_B}} \quad (20)$$

As relações entre o momento de inércia e as coordenadas dos

pontos que aparecem nas expressões (19) e (20), são chamadas de **Módulo de Resistência da seção em relação ao eixo y** e indicadas por:

$$W_y = \frac{I_y}{Z_A} \quad (21)$$

$$W_y^I = \frac{I_y}{Z_B} \quad (22)$$

Analogamente, observando a figura 18 é possível definir os Módulos de Resistência em relação ao eixo z.

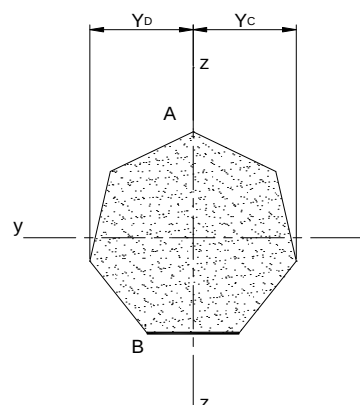


Figura 18 – Pontos onde ocorrem tensão extrema em uma seção que “gira” em torno do eixo z.

$$W_z = \frac{I_z}{Y_C} \quad (23)$$

$$W_z^I = \frac{I_z}{Y_D} \quad (24)$$

OBS:-

1. Quando os pontos onde ocorrem as tensões extremas possuem a mesma distância em relação ao eixo, se diz que a seção possui



- um único módulo de resistência em relação a este eixo.
2. Quando os pontos onde ocorrem as tensões extremas possuem distâncias diferentes em relação ao eixo, se indica por W o módulo de resistência de menor valor (encontrado para o ponto mais distante do eixo) e por W' o módulo de resistência de maior valor (encontrado para o outro ponto).
 3. Quando se trabalha com materiais que possuem a mesma resistência à tração e à compressão, se usa apenas W .

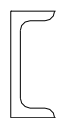
Perfis Laminados

Para a construção de estruturas metálicas, é muito comum a utilização de barras de aço carbono obtidas por laminação. A estas barras se dá o nome de perfis laminados.

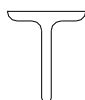
O nome do perfil, normalmente, traduz a forma da seção transversal. Os perfis mais comuns são:



Perfil I



Perfil C



Perfil T



Cantoneira
de abas
desiguais



Cantoneira
de abas iguais

A parede vertical da seção destes perfis é chamada de **alma** do perfil. A parede horizontal é chamada de **mesa** do perfil. No caso das cantoneiras, cada parede da seção é chamada de **aba**.

Estes perfis são normalmente designados pelo comprimento da alma e pela massa por metro linear de comprimento do perfil.

Para cada um destes perfis, existe uma família de seções que são fabricadas de acordo com padrões já estabelecidos. Encontra-se dois tipos de padrão: o padrão americano e o padrão europeu.

A diferença básica entre estes padrões é que no perfil europeu existe apenas uma espessura para cada comprimento de alma; já no padrão americano, existem algumas espessuras de alma para cada comprimento.

Em cada um dos padrões são encontradas tabelas que fornecem as características da seção transversal dos perfis.

Pelo visto, para uma determinada solicitação, se deve selecionar o perfil que melhor se

adapte às condições de dimensionamento. Esta seleção é feita por meio do módulo de resistência à flexão do perfil. As tabelas do anexo a este texto (a partir da página 13) fornecem as propriedades de seções para alguns tipos de perfil com padrão americano.

Vale observar que são encontrados perfis dobrados, que da mesma forma que os perfis laminados, também, possuem padronização.

Flexão Oblíqua

Como foi definida, a flexão oblíqua é aquela onde o momento fletor “gira a seção”, em torno de uma linha que não é um dos eixos centrais de inércia ou uma linha paralela a eles.

A figura 19 mostra uma flexão oblíqua de uma seção transversal qualquer.

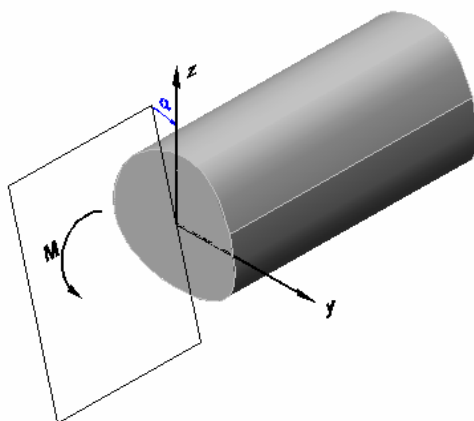


Figura 19 – Seção transversal sujeita a uma flexão oblíqua.

Note-se, na figura 19 que entre o plano do momento e o eixo z, existe uma inclinação com um ângulo α .

Lembrando que o momento é uma quantidade vetorial, ele pode ser determinado por suas componentes, em dois planos perpendiculares entre si, como mostra a figura 20.

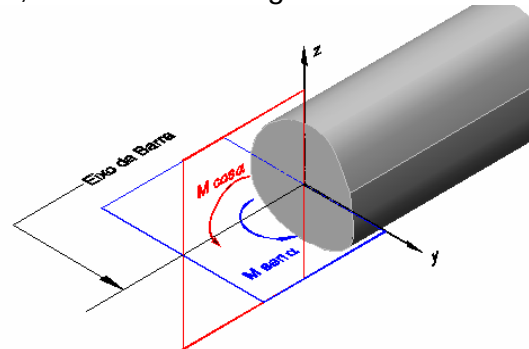


Figura 20 – Componentes do momento fletor em uma flexão oblíqua.

Estas componentes “giram” a seção em torno dos eixos centrais de inércia (y;z). Assim sendo, é possível encarar a flexão oblíqua como a superposição entre duas flexões normais.

A tensão normal resultante em cada ponto, então, pode ser obtida pela soma algébrica entre as tensões normais, desenvolvidas neste ponto, pelas componentes do momento fletor M; ou seja:

$$\sigma = \frac{M \cos \alpha}{I_y} \times z \oplus \frac{M \sin \alpha}{I_z} \times y \quad (25)$$

Lembrando que:

$M \cos \alpha = M_y$, $M \sin \alpha = M_z$
podemos escrever:

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} \times z \oplus \frac{M_z}{I_z} \times y \quad (26)$$

Tensões Extremas e Posição da Linha Neutra.

Como se sabe, as tensões extremas ocorrem nos pontos mais afastados da linha neutra e a linha neutra é formada pelos pontos onde a tensão normal resultante é igual a zero.

Para a determinação da posição da linha neutra, se deve tomar a expressão (25) e igualá-la a zero, isto é:

$$\sigma = \frac{M \cos \alpha}{I_y} \times z \oplus \frac{M \sin \alpha}{I_z} \times y = 0$$

$$\frac{M \cos \alpha}{I_y} \times z = - \frac{M \sin \alpha}{I_z} \times y$$

$$z = - \frac{M \sin \alpha \times I_y}{I_z \times M \cos \alpha} \times y$$

$$z = -M \tan \alpha \frac{I_y}{I_z} \times y \quad (27)$$

Note-se, pela expressão (27), que os pontos da linha neutra formam uma reta inclinada em relação ao par de eixos centrais de inércia (y;z). Esta inclinação depende, da posição relativa entre o plano do momento e o par de eixos centrais de inércia (ângulo α) e depende, da relação existente entre os momentos de inércia da seção em relação a estes eixos.

Univesidade Santa Cecília
Engenharia Mecânica
Resistência dos Materiais I

Desta maneira, a linha neutra é inclinada em relação a este par de eixos e oblíqua em relação ao plano do momento (daí o nome flexão oblíqua). A figura 21 mostra a linha neutra para uma flexão oblíqua.

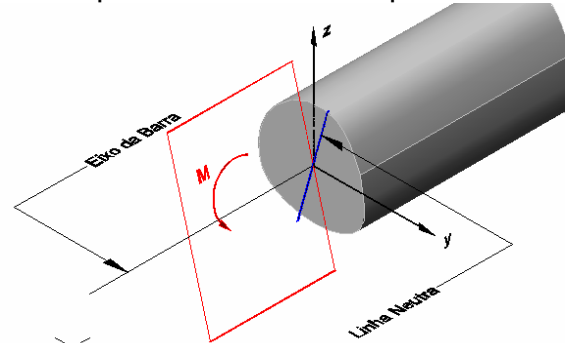


Figura 21 – Linha Neutra em uma flexão oblíqua.

A localização dos pontos onde ocorrem as tensões extremas, não constante em relação ao par de eixos centrais de inércia; elas dependem da inclinação do plano do momento em relação a este par de eixos.

A figura 22 mostra a localização dos pontos onde ocorrem as tensões extremas para a flexão da figura 21.

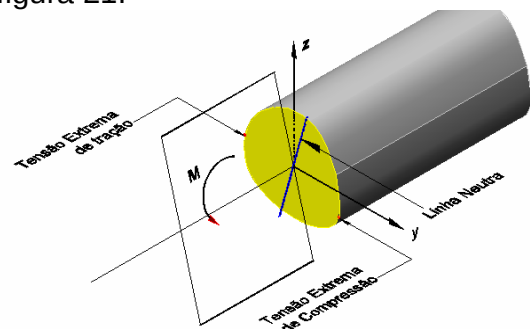
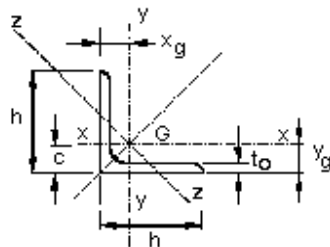


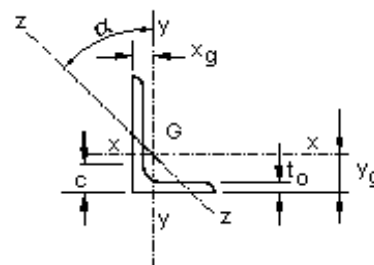
Figura 22 – Pontos onde ocorrem as tensões extremas, em uma flexão oblíqua.



Cantoneiras - Abas iguais

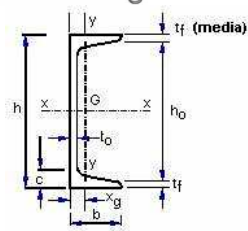


Bitola	h (cm)	Peso (kg/m)	Área (cm²)	t _o (cm)	J _x =J _y (cm ⁴)	W _x =W _y (cm³)	i _x =i _y (cm)	i _z mim (cm)	X _g (cm)
1/2 x 1/8	1,270	0,55	0,70	0,317	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43
5/8 x 1/8	1,588	0,71	0,90	0,317	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51
3/4 x 1/8	1,905	0,87	1,11	0,317	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59
7/8 x 1/8	2,220	1,04	1,32	0,317	0,58	0,38	0,66	0,46	0,66
1 x 1/8	2,540	1,19	1,48	0,317	0,83	0,49	0,79	0,48	0,76
1 x 3/16	2,540	1,73	2,19	0,476	1,25	0,66	0,76	0,48	0,81
1 x 1/4	2,540	2,22	2,84	0,635	1,66	0,98	0,76	0,48	0,86
1.1/4 x 1/8	3,175	1,50	1,93	0,317	1,67	0,82	0,97	0,64	0,89
1.1/4 x 3/16	3,175	2,20	2,77	0,476	2,50	1,15	0,97	0,61	0,97
1.1/4 x 1/4	3,175	2,86	3,62	0,635	3,33	1,47	0,94	0,61	1,02
1.1/2 x 1/8	3,810	1,83	2,32	0,317	3,33	1,15	1,17	0,76	1,07
1.1/2 x 3/16	3,810	2,68	3,42	0,476	4,58	1,64	1,17	0,74	1,12
1.1/2 x 1/4	3,810	3,48	4,45	0,635	5,83	2,13	1,15	0,74	1,19
1.3/4 x 1/8	4,445	2,14	2,71	0,317	5,41	1,64	1,40	0,89	1,22
1.3/4 x 3/16	4,445	3,15	4,00	0,476	7,50	2,30	1,37	0,89	1,30
1.3/4 x 1/4	4,445	4,12	5,22	0,635	9,57	3,13	1,35	0,86	1,35
2 x 1/8	5,080	2,46	3,10	0,317	7,91	2,13	1,60	1,02	1,40
2 x 3/16	5,080	3,63	4,58	0,476	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45
2 x 1/4	5,080	4,74	6,06	0,635	14,60	4,10	1,55	0,99	1,50
2 x 5/16	5,080	5,83	7,42	0,794	17,50	4,91	1,53	0,99	1,55
2 x 3/8	5,080	6,99	8,76	0,952	20,00	5,73	1,50	0,99	1,63
2.1/2 x 3/16	6,350	4,57	5,80	0,476	23,00	4,91	1,98	1,24	1,75
2.1/2 x 1/4	6,350	6,10	7,67	0,635	29,00	6,40	1,96	1,24	1,83
2.1/2 x 5/16	6,350	7,44	9,48	0,794	35,00	7,87	1,93	1,24	1,88
2.1/2 x 3/8	6,350	8,78	11,16	0,952	41,00	9,35	1,91	1,22	1,93
3 x 3/16	7,620	5,52	7,03	0,476	40,00	7,21	2,39	1,50	2,08
3 x 1/4	7,620	7,29	9,29	0,635	50,00	9,50	2,36	1,50	2,13
3 x 5/16	7,620	9,07	11,48	0,794	62,00	11,60	2,34	1,50	2,21
3 x 3/8	7,620	10,71	13,61	0,952	75,00	13,60	2,31	1,47	2,26
3 x 1/2	7,620	14,00	17,74	1,270	91,00	18,00	2,29	1,47	2,36
3.1/2 x 1/4	8,890	8,56	10,90	0,635	83,70	13,00	2,77	1,76	2,46
3.1/2 x 5/16	8,890	10,59	13,50	0,794	102,00	16,00	2,75	1,75	2,52
3.1/2 x 3/8	8,890	12,58	16,00	0,952	121,00	19,20	2,75	1,75	2,58
4 x 1/4	10,160	9,81	12,51	0,635	125,00	16,40	3,17	2,00	2,77
4 x 5/16	10,160	12,19	15,48	0,794	154,00	21,30	3,15	2,00	2,84
4 x 3/8	10,160	14,57	18,45	0,952	183,00	24,60	3,12	2,00	2,90
4 x 7/16	10,160	16,80	21,35	1,111	208,00	29,50	3,12	1,98	2,95
4 x 1/2	10,160	19,03	24,19	1,270	233,00	32,80	3,10	1,98	3,00
5 x 5/16	12,700	15,31	19,50	0,794	308,00	33,40	3,97	2,53	3,47
5 x 3/8	12,700	18,30	23,29	0,952	362,00	39,50	3,94	2,51	3,53
5 x 1/2	12,700	24,10	30,64	1,270	470,00	52,50	3,91	2,49	3,63
5 x 5/8	12,700	29,80	37,80	1,588	566,00	64,00	3,86	2,46	3,76



Cantoneiras de Abas Desiguais

Dimensões		c	Peso	Área	Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy	ix min	Xg	Yg
pol	mm	mm	kg/m	mm ²	mm ⁴	mm ⁴	mm ³	mm ³	mm	mm	mm	mm	mm
3 1/3 x 2 1/2	89	14,3	7,29	929	749.000	325.000	12.300	6.700	28,4	18,9	13,7	15,5	28,2
	X	15,9	9,08	1.148	916.000	391.000	15.300	8.200	28,2	18,5	13,7	16,3	29,0
	64	17,5	10,71	1.361	1.082.000	458.000	18.200	9.700	28,2	18,3	13,7	16,8	29,5
4 x 3	102	17,5	10,71	1.348	1.415.000	708.000	20.200	12.500	32,4	22,9	16,5	19,3	32,0
	X	12,1	12,65	1.600	1.665.000	791.000	24.000	14.100	32,3	22,2	16,3	19,8	32,5
		20,6	14,58	1.852	1.873.000	916.000	27.100	16.400	31,8	22,2	16,3	20,3	33,0
	76	22,2	16,52	2.097	2.081.000	999.000	30.500	18.200	31,5	21,8	16,3	21,1	33,8
4 x 3 1/2	102	15,9	9,08	1.168	1.207.000	874.000	16.600	13.300	32,1	27,4	18,5	23,1	29,5
		17,5	11,46	1.452	1.498.000	1.082.000	20.800	16.500	32,1	27,3	18,5	23,6	30,0
	X	19,1	13,54	1.723	1.748.000	1.249.000	24.500	19.300	31,9	26,9	18,5	24,4	30,7
		20,6	15,77	1.994	1.998.000	1.415.000	28.200	22.100	31,7	26,6	18,3	24,9	31,2
	89	22,2	17,71	2.258	2.206.000	1.582.000	31.400	24.900	31,3	26,5	18,3	25,4	31,8
5 x 3 1/2	127	19,1	12,95	1.652	2.747.000	1.124.000	31.700	16.600	40,8	26,1	19,3	21,3	40,4
		20,6	15,48	1.968	3.247.000	1.332.000	37.700	19.800	40,6	26,0	19,3	21,8	40,9
	X	22,2	17,86	2.277	3.704.000	1.498.000	43.300	22.500	40,3	25,7	19,3	22,4	41,4
		23,8	20,24	2.581	4.162.000	1.662.000	49.100	25.300	40,2	25,4	19,1	23,1	42,2
	89		22,62	2.884	4.579.000	1.831.000	54.300	28.000	39,8	25,3	19,1	23,6	42,7
		27	25	3.174	4.995.000	1.998.000	59.600	30.800	39,7	25,1	19,1	24,1	43,2
			27,23	3.465	5.411.000	2.164.000	65.000	33.600	39,5	25,0	19,1	24,6	43,7
		30,2	29,47	3.748	5.786.000	2.331.000	70.100	36.700	39,3	24,9	19,1	25,4	44,5
6 x 4	152	22,2	18,3	2.329	5.619.000	2.040.000	54.700	26.100	49,1	29,6	22,4	23,9	49,3
		23,8	21,28	2.697	6.452.000	2.331.000	63.100	30.000	48,9	29,4	22,1	24,4	49,8
	X	25,4	24,11	3.065	7.242.000	2.622.000	71.300	34.100	48,6	29,2	22,1	25,1	50,5
		27	26,94	3.426	8.033.000	2.872.000	79.600	37.600	48,4	29,0	22,1	25,7	51,1
	102	28,6	29,76	3.781	8.782.000	3.122.000	87.500	41.200	48,2	28,7	21,8	26,2	51,6
			32,44	4.129	9.490.000	3.371.000	95.200	44.900	47,9	28,6	21,8	26,9	52,3
		31,7	35,12	4.477	10.198.000	3.621.000	102.800	48.500	47,7	28,4	21,8	27,4	52,8
7 x 4	178	25,4	26,64	3.387	11.113.000	2.705.000	95.400	34.400	57,3	28,3	22,1	23,4	61,5
		27	29,76	3.794	12.320.000	2.997.000	106.200	38.400	57,0	28,1	22,1	23,9	62,0
	X	28,6	32,89	4.187	13.486.000	3.247.000	116.800	41.800	56,8	27,8	21,8	24,4	62,5
			36,01	4.574	14.610.000	3.538.000	127.300	46.000	56,5	27,8	21,8	25,1	63,2
	102	31,7	38,99	4.961	15.733.000	3.788.000	137.800	49.600	56,3	27,8	21,8	25,7	63,8
8 x 4	203	25,4	29,17	3.710	16.025.000	2.789.000	122.900	34.800	65,7	27,4	21,8	21,8	72,6
		27	32,59	4.148	17.815.000	3.080.000	137.200	38.700	65,5	27,2	21,8	22,4	73,2
	X	28,6	36,01	4.587	19.521.000	3.371.000	151.200	42.700	65,2	27,1	21,8	23,1	73,9
			39,44	5.019	21.228.000	3.621.000	165.100	46.200	65,0	26,9	21,6	23,6	74,4
	102	31,7	42,71	5.445	22.851.000	3.913.000	178.400	50.200	64,8	26,8	21,6	24,1	74,9
			46,13	5.865	24.433.000	4.162.000	191.900	54.000	64,5	26,6	21,6	24,9	75,7
		34,9	49,26	6.277	25.973.000	4.370.000	204.800	57.000	64,3	26,4	21,6	25,4	76,2
			52,53	6.690	27.513.000	4.620.000	217.800	60.700	64,1	26,3	21,6	25,9	76,7
		38,1	55,66	7.097	28.970.000	4.828.000	230.800	64.100	63,9	26,1	21,6	26,7	77,5



Perfil U

h x peso	h	hg,c,tf	to	to	b	Área	h/btf	Ix	Wx	ix	Iy	Wy	iy	xg
pol X kg/m	mm	mm	pol	mm	mm	cm ²	1/cm	cm ⁴	cm ²	cm	cm ⁴	cm ³	cm	mm
3"x 6,1	76,2	62,4	170,00	4,32	35,80	7,78	3,06	68,9	18,1	2,98	8,2	3,32	1,03	11,1
3"x 7,4	76,2	15,9	258,00	6,55	38,00	9,48	2,89	77,2	20,3	2,85	10,3	3,82	1,04	11,1
3"x 8,9	76,2	6,9	356,00	0,04	40,50	11,4	2,71	86,3	22,7	2,75	12,7	4,39	1,06	11,6
4"x 8,0	101,60	86,6	180,00	4,57	40,10	10,1	3,37	159,5	31,4	3,97	13,1	4,61	1,14	11,6
4"x 9,3	101,60	15,9	247,00	6,27	41,80	11,9	3,24	174,4	34,3	3,84	15,5	5,10	1,14	11,5
4"x 10,8	101,60	7,5	320,00	8,13	43,70	13,7	3,10	190,6	37,5	3,73	18,0	5,61	1,15	11,7
6"x 12,2	152,40	135,0	200,00	5,08	48,80	15,5	3,59	546	71,7	5,94	28,8	8,06	1,36	13,0
6"x 15,6	152,40	19,1	314,00	7,98	51,70	19,9	3,39	632	82,9	5,63	36,0	9,24	1,34	12,7
6"x 19,4	152,40	8,7	437,00	11,10	54,80	24,7	3,19	724	95,0	5,42	43,9	10,50	1,33	13,1
6"x 23,1	152,40		559,00	14,20	57,90	29,4	3,03	815	107,00	5,27	52,4	11,90	1,33	13,8
8"x 17,1	203,20	183,4	220,00	5,59	57,40	21,8	3,57	1356	133,40	7,89	54,9	12,80	1,59	14,5
8"x 20,5	203,20	20,6	303,00	7,70	59,50	26,1	3,44	1503	147,90	7,60	63,6	14,00	1,56	14,1
8"x 24,2	203,20	9,9	395,00	10,00	61,80	30,8	3,32	1667	164,00	7,35	72,9	15,30	1,54	14,0
8"x 27,9	203,20		487,00	12,40	64,20	35,6	3,20	1830	180,10	7,17	82,5	16,60	1,52	14,4
8"x 31,6	203,20		579,00	14,70	66,50	40,3	3,09	1990	196,20	7,03	92,6	17,90	1,52	14,9
10"x 22,7	254,00	231,8	240,00	6,10	66,00	29,0	3,47	2800	221	9,84	95,1	19,00	1,81	16,1
10"x 29,8	254,00		379,00	9,63	69,60	37,9	3,30	3290	259	9,31	117,00	21,60	1,76	15,4
10"x 37,2	254,00	23,8	526,00	13,40	73,30	47,4	3,13	3800	299	8,95	139,70	24,30	1,72	15,7
10"x 44,7	254,00		673,00	17,10	77,00	56,9	2,98	4310	339	8,70	164,20	27,10	1,70	16,5
10"x 52,1	254,00	11,1	820,00	20,80	80,80	66,4	2,83	4820	379	8,52	191,70	30,40	1,70	17,6
12"x 30,7	304,80	279,4	280,00	7,11	74,70	39,1	3,21	5370	352	11,70	161,10	28,30	2,03	17,7
12"x 37,2	302,80		387,00	9,83	77,40	47,4	3,02	6010	394	11,30	186,10	30,90	1,98	17,1
12"x 44,7	304,80	27,0	510,00	13,00	80,50	56,9	2,98	6750	443	10,90	214,00	33,70	1,94	17,1
12"x 52,1	304,80		632,00	16,10	83,60	66,4	2,87	7480	491	10,60	242,00	36,70	1,91	17,6
12"x 59,6	304,80	12,7	755,00	19,20	86,70	75,9	2,77	8210	539	10,40	273,00	39,80	1,90	18,3
15"x 50,4	381,00	348,0	400,00	10,20	86,40	64,2	2,67	13.100,00	688	14,30	338,00	51,00	2,30	20,0
15"x 52,1	381,00		422,00	10,70	86,90	66,4	2,66	13.360,00	701	14,20	347,00	51,80	2,29	19,9
15"x 59,5	381,00	33,3	520,00	13,20	89,40	75,8	2,58	14.510,00	762	13,80	387,00	55,20	2,25	19,8
15"x 67,0	381,00		618,00	15,70	91,90	85,3	2,51	15.650,00	822	13,50	421,00	58,50	2,22	19,9
15"x 74,4	381,00	16,5	716,00	18,20	94,40	94,8	2,45	16.800,00	882	13,30	460,00	62,00	2,20	20,3
15"x 81,9	381,00		814,00	20,70	96,90	104,30	2,38	17.950,00	942	13,10	498,00	66,50	2,18	22,1



PERFIS I

BITOLA	Massa Linear	ESPESSURA							EIXO X - X			EIXO Y - Y			
		d	b _f	d'	h	t _w	t _f	I _x	W _x	i _x	I _y	W _y	i _y	S	
		Kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ²
W 150 x 13,0	13,0	148	100	118	138	4,3	4,9	635	85,8	6,18	82	16,4	2,22	16,6	
W 150 x 18,0	18,0	153	102	119	139	5,8	7,1	939	122,8	6,34	126	24,7	2,32	23,4	
W 200 x 15,0	15,0	200	100	170	190	4,3	5,2	1.305	130,5	8,20	87	17,4	2,12	19,4	
W 200 x 19,3	19,3	203	102	170	190	5,8	6,5	1.686	166,1	8,19	116	22,7	2,14	25,1	
W 200 x 22,5	22,5	206	102	170	190	6,2	8,0	2.029	197,0	8,37	142	27,9	2,22	29,0	
W 200 x 26,6	26,6	207	133	170	190	5,8	8,4	2.611	252,3	8,73	330	49,6	3,10	34,2	
W 200 x 31,3	31,3	210	134	170	190	6,4	10,2	3.168	301,7	8,86	410	61,2	3,19	40,3	
W 250 x 17,9	17,9	251	101	220	240	4,8	5,3	2.291	182,6	9,96	91	18,1	1,99	23,1	
W 250 x 22,3	22,3	254	102	220	240	5,8	6,9	2.939	231,4	10,09	123	24,1	2,06	28,9	
W 250 x 25,3	25,3	257	102	220	240	6,1	8,4	3.473	270,2	10,31	149	29,3	2,14	32,6	
W 250 x 28,4	28,4	260	102	220	240	6,4	10,0	4.046	311,2	10,51	178	34,8	2,20	36,6	
W 250 x 32,7	32,7	258	146	220	240	6,1	9,1	4.937	382,7	10,83	473	64,8	3,35	42,1	
W 250 x 38,5	38,5	262	147	220	240	6,6	11,2	6.057	462,4	11,05	594	80,8	3,46	49,6	
W 250 x 44,8	44,8	266	148	220	240	7,6	13,0	7.158	538,2	11,15	704	95,1	3,50	57,6	
W 310 x 21,0	21,0	303	101	272	292	5,1	5,7	3.776	249,2	11,77	98	19,5	1,90	27,2	
W 310 x 23,8	23,8	305	101	272	292	5,6	6,7	4.346	285,0	11,89	116	22,9	1,94	30,7	
W 310 x 28,3	28,3	309	102	271	291	6,0	8,9	5.500	356,0	12,28	158	31,0	2,08	36,5	
W 310 x 32,7	32,7	313	102	271	291	6,6	10,8	6.570	419,8	12,49	192	37,6	2,13	42,1	
W 310 x 38,7	38,7	310	165	271	291	5,8	9,7	8.581	553,6	13,14	727	88,1	3,82	49,7	
W 310 x 44,5	44,5	313	166	271	291	6,6	11,2	9.997	638,8	13,22	855	103,0	3,87	57,2	
W 310 x 52,0	52,0	317	167	271	291	7,6	13,2	11.909	751,4	13,33	1.026	122,9	3,91	67,0	
W 360 x 32,9	32,9	349	127	308	332	5,8	8,5	8.358	479,0	14,09	291	45,9	2,63	42,1	
W 360 x 39,0	39,0	353	128	308	332	6,5	10,7	10.331	585,3	14,35	375	58,6	2,73	50,2	
W 360 x 44,0	44,0	352	171	308	332	6,9	9,8	12.258	696,5	14,58	818	95,7	3,77	57,7	
W 360 x 51,0	51,0	355	171	308	332	7,2	11,6	14.222	801,2	14,81	968	113,3	3,87	64,8	
W 360 x 57,8	57,8	358	172	308	332	7,9	13,1	16.143	901,8	14,92	1.113	129,4	3,92	72,5	
W 360 x 64,0	64,0	347	203	288	320	7,7	13,5	17.890	1.031,1	14,80	1.885	185,7	4,80	81,7	
W 360 x 72,0	72,0	350	204	288	320	8,6	15,1	20.169	1.152,5	14,86	2.140	209,8	4,84	91,3	
W 360 x 79,0	79,0	354	205	288	320	9,4	16,8	22.713	1.283,2	14,98	2.416	235,7	4,89	101,2	
W 410 x 38,8	38,8	399	140	357	381	6,4	8,8	12.777	640,5	15,94	404	57,7	2,83	50,3	
W 410 x 46,1	46,1	403	140	357	381	7,0	11,2	15.690	778,7	16,27	514	73,4	2,95	59,2	
W 410 x 53,0	53,0	403	177	357	381	7,5	10,9	18.734	929,7	16,55	1.009	114,0	3,84	68,4	
W 410 x 60,0	60,0	407	178	357	381	7,7	12,8	21.707	1.066,7	16,88	1.205	135,4	3,98	76,2	
W 410 x 67,0	67,0	410	179	357	381	8,8	14,4	24.678	1.203,8	16,91	1.379	154,1	4,00	86,3	
W 410 x 75,0	75,0	413	180	357	381	9,7	16,0	27.616	1.337,3	16,98	1.559	173,2	4,03	95,8	
W 460 x 52,0	52,0	450	152	404	428	7,6	10,8	21.370	949,8	17,91	634	83,5	3,09	66,6	
W 460 x 60,0	60,0	455	153	404	428	8,0	13,3	25.652	1.127,6	18,35	796	104,1	3,23	76,2	
W 460 x 68,0	68,0	459	154	404	428	9,1	15,4	29.851	1.300,7	18,46	941	122,2	3,28	87,6	
W 460 x 74,0	74,0	457	190	404	428	9,0	14,5	33.415	1.462,4	18,77	1.661	174,8	4,18	94,9	
W 460 x 82,0	82,0	460	191	404	428	9,9	16,0	37.157	1.615,5	18,84	1.862	195,0	4,22	104,7	
W 460 x 89,0	89,0	463	192	404	428	10,5	17,7	41.105	1.775,6	18,98	2.093	218,0	4,28	114,1	
W 530 x 66,0	66,0	525	165	478	502	8,9	11,4	34.971	1.332,2	20,46	857	103,9	3,20	83,6	
W 530 x 72,0	72,0	524	207	478	502	9,0	10,9	39.969	1.525,5	20,89	1.615	156,0	4,20	91,6	
W 530 x 74,0	74,0	529	166	478	502	9,7	13,6	40.969	1.548,9	20,76	1.041	125,5	3,31	95,1	
W 530 x 82,0	82,0	528	209	477	501	9,5	13,3	47.569	1.801,8	21,34	2.028	194,1	4,41	104,5	
W 530 x 85,0	85,0	535	166	478	502	10,3	16,5	48.453	1.811,3	21,21	1.263	152,2	3,42	107,7	