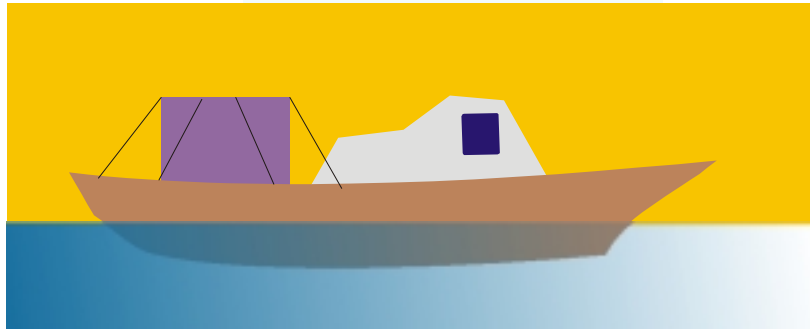


# NOÇÕES DE ESTABILIDADE



MARÍTIMO



## Sumário

	<b>Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Geometria da embarcação .....</b>	<b>5</b>
1.1	Plano de flutuação .....	5
1.2	Dimensões lineares da embarcação .....	8
1.3	Utilização das escalas de calado .....	14
1.4	Linhas de carga do disco de Plimsoll .....	18
<b>2</b>	<b>Estabilidade e flutuação .....</b>	<b>19</b>
2.1	Empuxo e princípios de Arquimedes .....	19
2.2	Centros de gravidade e de carena .....	20
2.3	Flutuabilidade, reserva de flutuabilidade e borda livre .....	22
2.4	Esforços estruturais longitudinais .....	23
2.5	Metacentro transversal, altura metacêntrica, braço e momento de endireitamento ..	25
2.6	Arrumação da carga no equilíbrio da embarcação .....	30
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>31</b>



## Introdução

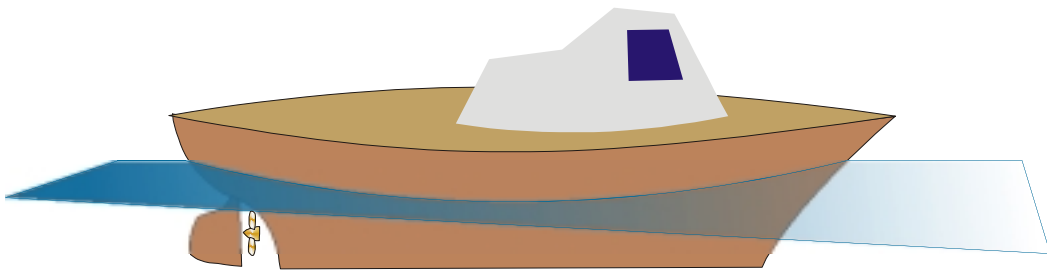
A segurança de uma embarcação está relacionada a diversos fatores, entre eles, a sua estabilidade que a torna apta a flutuar nas mais diversas condições operacionais. Esta disciplina apresenta conceitos básicos referentes a geometria da embarcação, estabilidade e flutuação que devem ser do conhecimento dos marítimos que a tripulam.

### 1 Geometria da embarcação

Estudaremos os principais planos de uma embarcação que servem para contagem das cotas verticais, horizontais e leituras de calados.

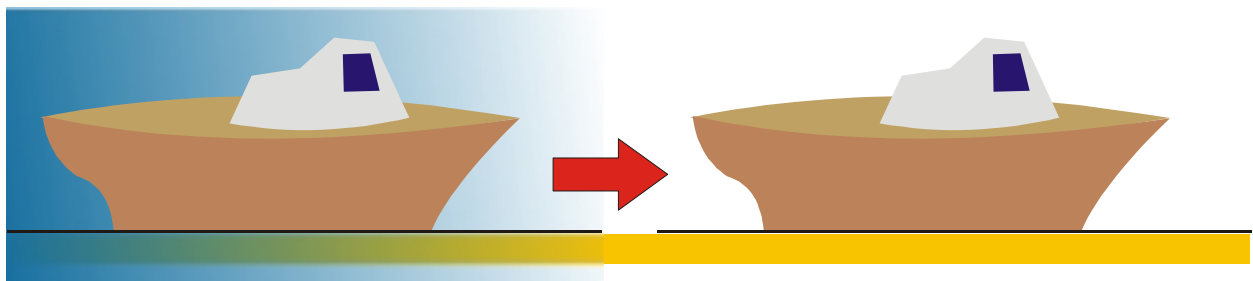
Também veremos os significados de deslocamento e portes e sua influência nos limites nas linhas de carga.

#### 1.1 Plano de flutuação



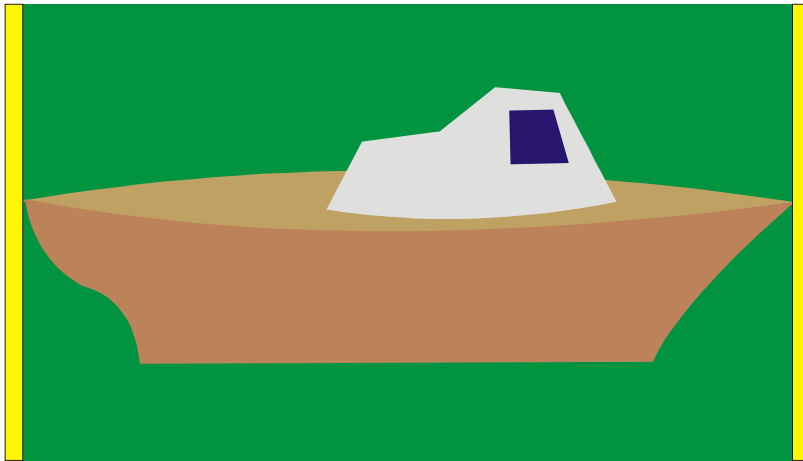
É um plano horizontal longitudinal secante ao casco, limitado pelo contorno do chapeamento da embarcação correspondente a superfície das águas tranquilas em que ela está flutuando.

#### Plano de base



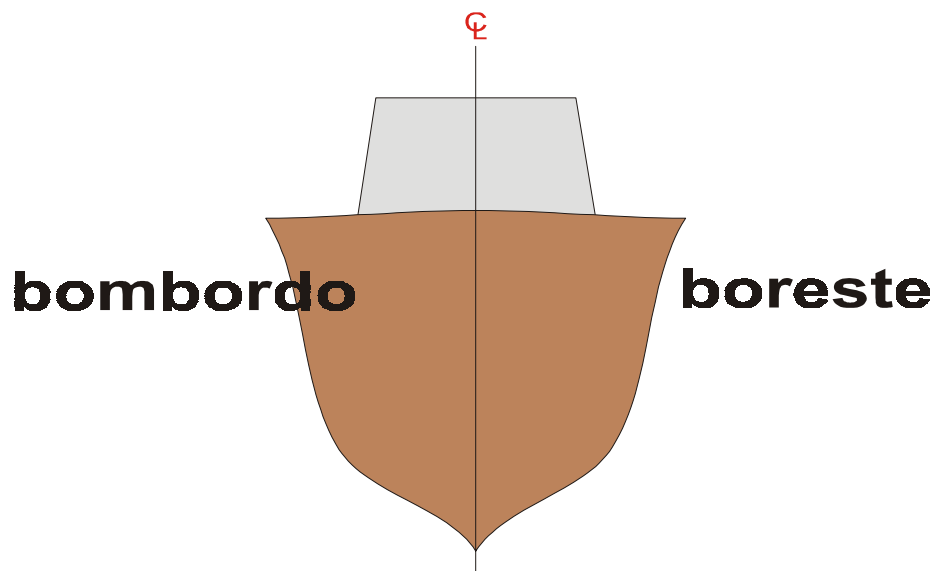
É o plano horizontal que passa pelo fundo de uma embarcação, interiormente à quilha. Esse plano serve de origem na contagem das cotas verticais dos centros de gravidade.

## Plano diametral



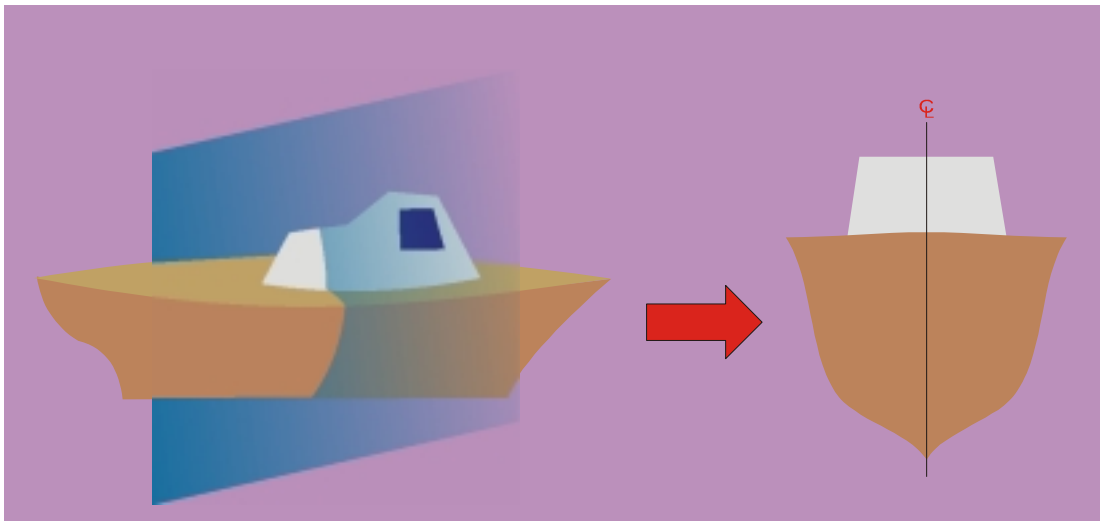
É um plano vertical longitudinal compreendido entre a proa e a popa que divide o casco simetricamente nos corpos de bombordo e boreste. Ele serve de contagem das cotas transversais dos centros de gravidade.

## Plano transversal



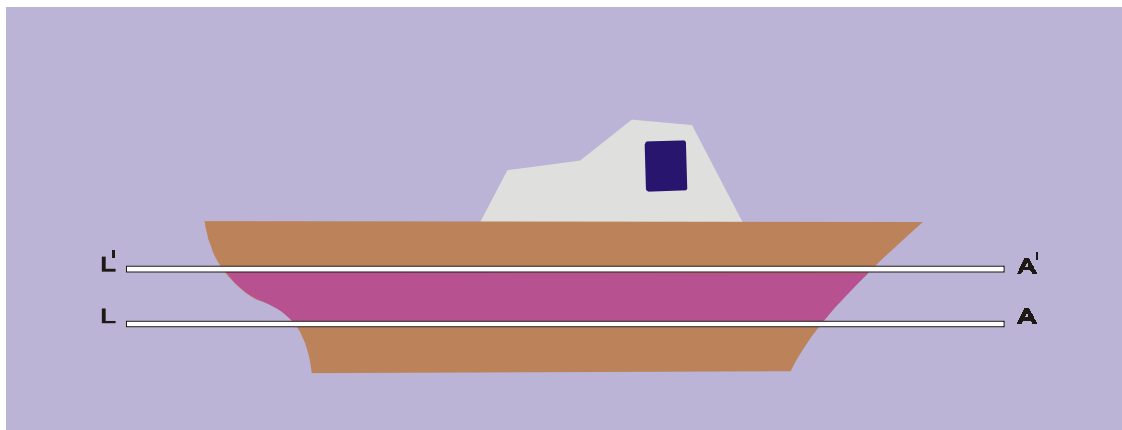
É o plano vertical, perpendicular ao plano de base e ao plano diametral, secante ao casco que serve para projeção dos pontos notáveis da estabilidade.

## Seção Mestra



É um plano transversal, chamado plano transversal a meio navio, localizado na metade do comprimento entre perpendiculares, que divide simetricamente a embarcação em duas partes: proa e popa. Ele é representado pelo símbolo  $\circ()$ , chamado de aranha. Ele serve para a contagem das cotas longitudinais dos centros de gravidade.

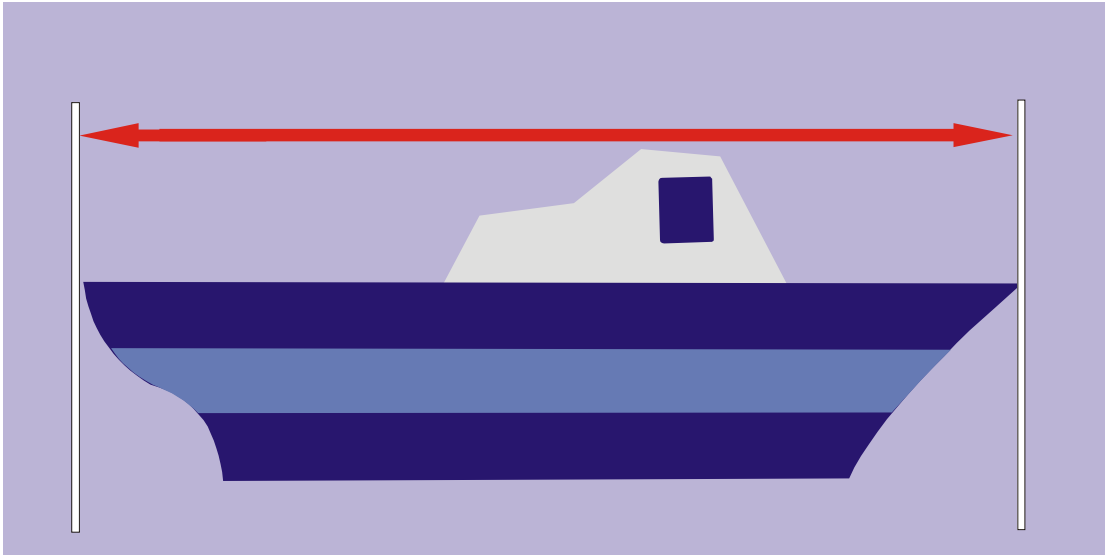
## Linhas d'água e de flutuação



É a interseção da superfície da água com o costado da embarcação; é também chamada de linha d'água a faixa pintada no casco entre os calados máximo (plena carga) e leve (embarcação vazia).

## 1.2 Dimensões Lineares da Embarcação

### Comprimento total (LOA)



É o maior comprimento da embarcação, determinado pela maior distância compreendida entre a parte mais extrema da proa até a parte mais extrema da popa, que ficam acima ou abaixo do nível da água.

### Comprimento entre perpendiculares ( $L_{pp}$ )

É a medida linear compreendida entre as perpendiculares de vante e de ré. Para entender o conceito de comprimento entre perpendiculares, é necessário que identifiquemos as perpendiculares a vante e a ré.

#### Perpendicular de vante

É a perpendicular ao plano de base, pertencente ao plano diametral e que passa pela interseção da linha de flutuação da embarcação com carga máxima com o contorno na roda de proa.

#### Perpendicular de ré

É a perpendicular ao plano de base, pertencente ao plano diametral e que passa pela interseção da linha de flutuação da embarcação com carga máxima, com o contorno da popa.



## Boca

É a largura de uma embarcação num determinado local.

## Boca Moldada (Bm)

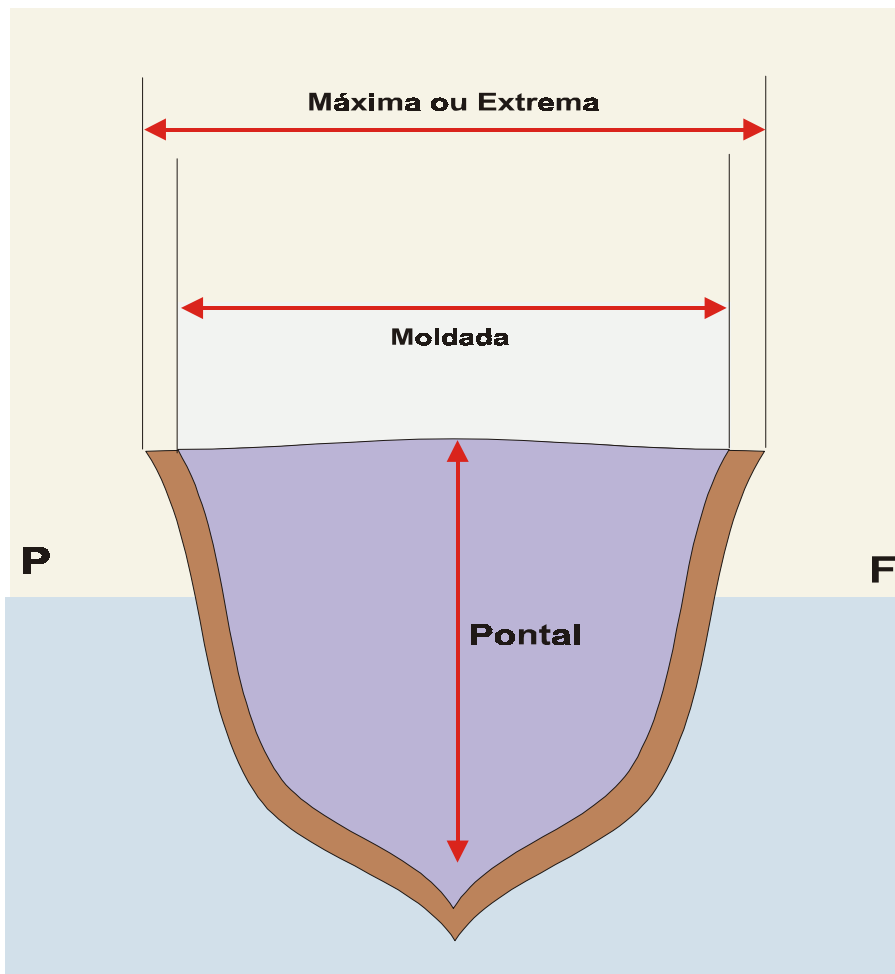
É a maior largura da embarcação entre as superfícies internas do chapeamento do casco da embarcação.

## Boca Extrema (B.Max)

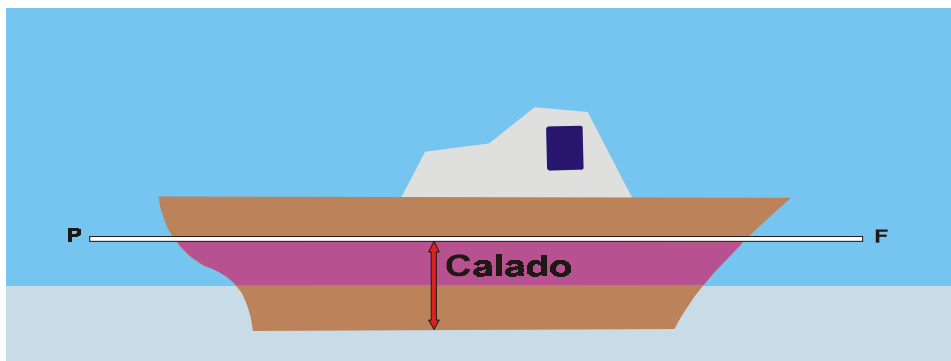
É a maior largura do casco, medida entre as superfícies externas do forro exterior da embarcação, incluindo os apêndices.

## Pontal

É a distância vertical medida sobre o plano diametral, a meio navio, entre o convés principal e o plano de base.

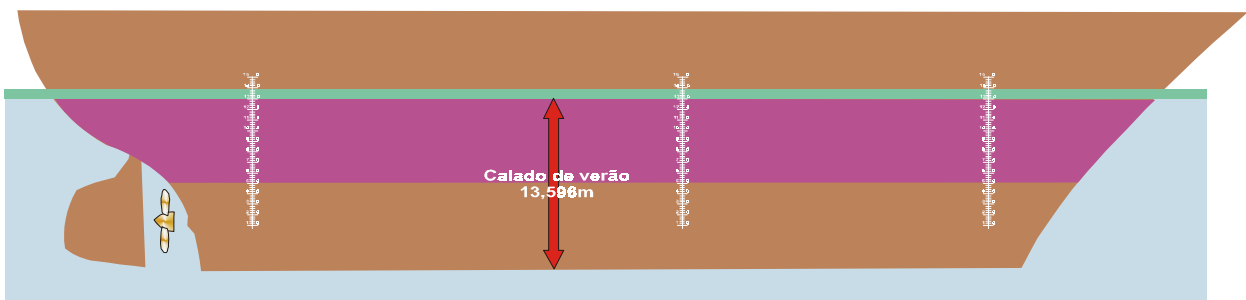


## Calado



Calado é a distância vertical compreendida entre o plano de base e a superfície da água onde flutua a embarcação.

Obrigatoriamente, em todas as embarcações, são marcados nos costados, a BE e a BB, a vante, a meio navio e a ré, as escalas numéricas dos calados.



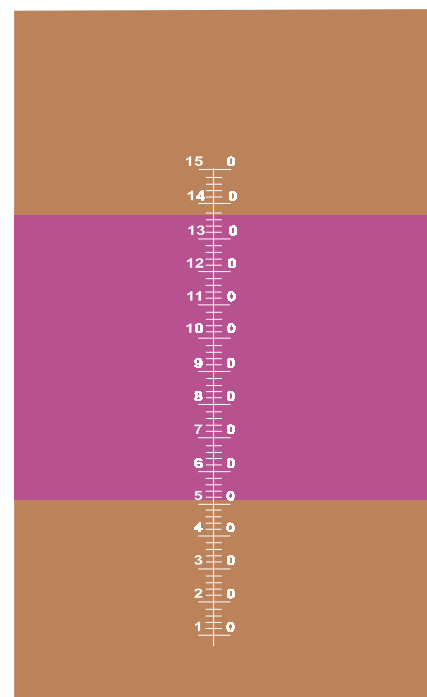
O zero das escalas refere-se ao plano de base (fundo da embarcação).

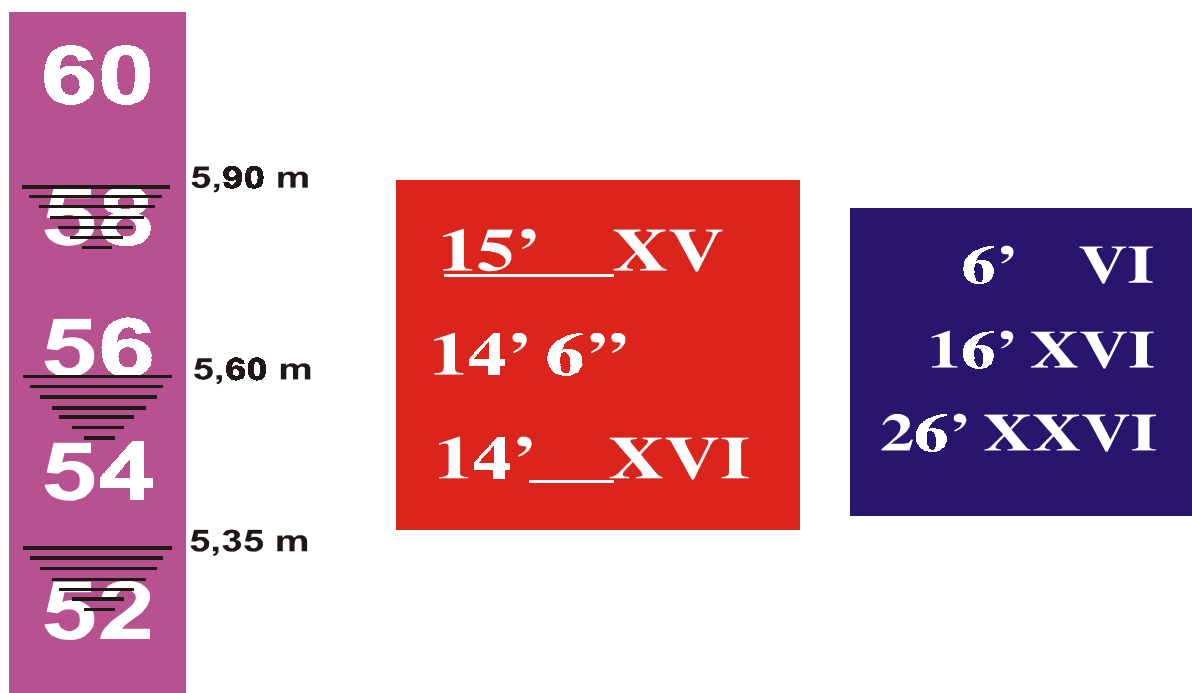
A graduação das escalas pode ser em decímetros ou em metros, marcadas a BE, em algarismos arábicos e a BB, em algarismos romanos.

A altura dos algarismos arábicos é de 10 centímetros e dos algarismos romanos, 3 polegadas.

Na figura da próxima página podem ser vistos três exemplos de leitura na escala em decímetros e na outra, três exemplos na escala em pés.

Cada número indica sempre o calado que tem quando a superfície da água está rasando o seu limbo inferior; por conseqüência, quando o nível estiver no limbo superior de um número, deve-se acrescentar uma unidade, e as frações da unidade serão estimadas a olho.





Por exemplo, na figura acima, quando a superfície da água estiver tangenciando o limbo inferior do número 56 que está na escala em decímetros, corresponde a 5,60 metros e quando estiver na altura do limbo superior 58, o calado será de 5,90 metros.

Na escala em pés, o sistema inglês de medidas, algumas vezes são marcadas nas escala somente os algarismos que indicam a unidade em pés, assim, os calados de 6, 16 e 26 pés serão sempre representados pelos algarismos VI, XVI e XXVI.

O intervalo entre V e VI é de 1 pé ou 12 polegadas. Sabendo-se que a altura do algarismo é de 3 polegadas é fácil fazer qualquer leitura intermediária.

### Calado médio (Cm)

É a semi soma entre os valores dos calados a vante e a ré. Para o cálculo desse calado, é preciso fazer as leituras dos calado a vante e a ré e calcular a sua média, conforme o exemplo abaixo:

$$Cav = 1,80 \text{ m}$$

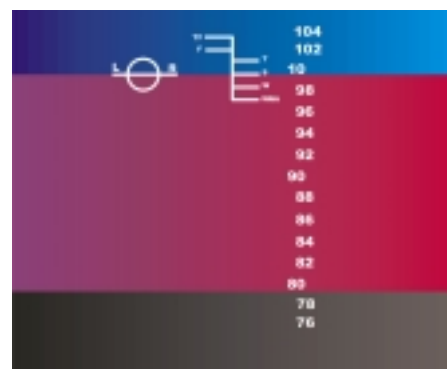
$$Car = 3,20 \text{ m}$$

$$Cm = \frac{Cav + Car}{2} = \frac{1,80 \text{ m} + 3,20 \text{ m}}{2} = 2,50 \text{ m}$$

### Calado a meio navio

É a leitura do calado feita na escala marcada na metade do comprimento entre perpendiculares.

Comparando a leitura do calado a meio navio com o calado médio podemos saber se a embarcação está com uma deflexão no casco devida à má distribuição de pesos.



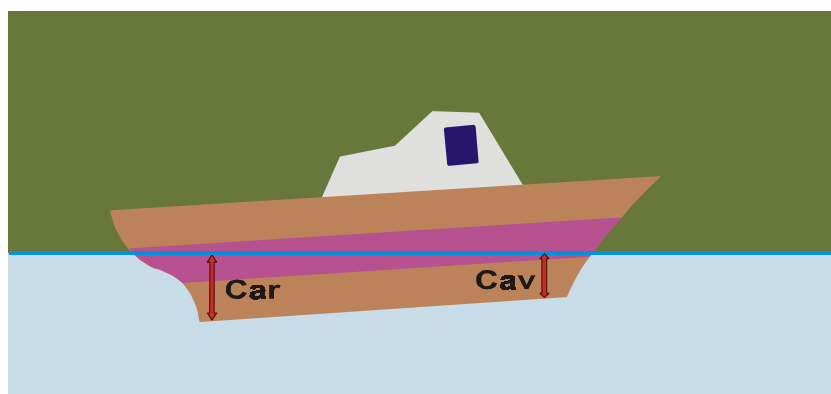
## Trim (t)

Também conhecido como compasso, é a diferença entre os calados a ré e a vante. Esse valor pode ser calculado pela fórmula:

$$t = Car - Cav$$

Quando calculamos o compasso, sabemos se a embarcação se encontra derrabada, embicada ou em águas parelhas.

### Embarcação derrabada



Ocorre quando o calado a ré é maior do que o calado a vante.

Observe o exemplo acima para a determinação do compasso da embarcação derrabada.

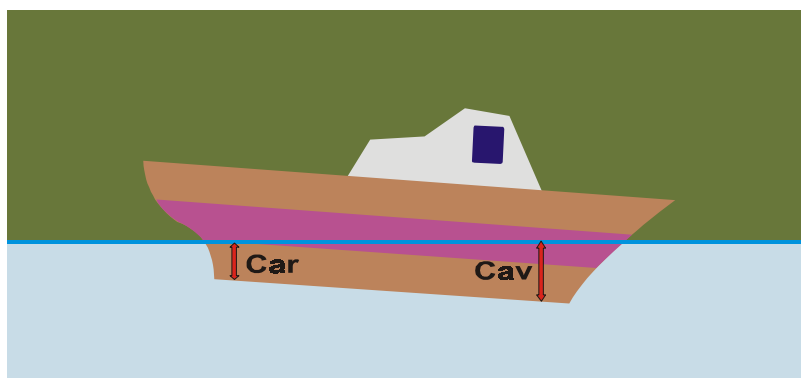
$$Cav = 2,50 \text{ m}$$

$$Car = 3,60 \text{ m}$$

$$t = Car - Cav = 1,10 \text{ m}$$

Nessa situação verificamos que a embarcação se encontra com o compasso ou trim positivo.

### Embarcação embicada



Ocorre quando o calado a vante é maior do que o calado a ré.

Vamos calcular o compasso da embarcação na condição embicada com o seguinte exemplo:

$$Cav = 2,80 \text{ m}$$

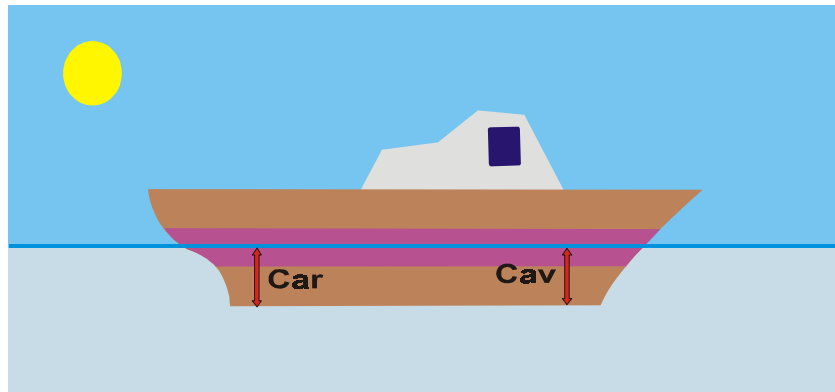
$$Car = 2,00 \text{ m}$$

$$t = Car - Cav = 2,00 \text{ m} - 2,80 \text{ m} = - 0,80 \text{ m.}$$

Observamos que o valor do compasso é negativo.

### Embarcação em águas parelhas

Ocorre quando o calado a vante é igual ao calado a ré. Nessa situação a embarcação



encontra-se sem compasso.

No exemplo abaixo vamos calcular o compasso em águas parelhas ou sem compasso:

$$Cav = 2,50 \text{ m}$$

$$Car = 2,50 \text{ m}$$

$$t = Car - Cav = 0$$

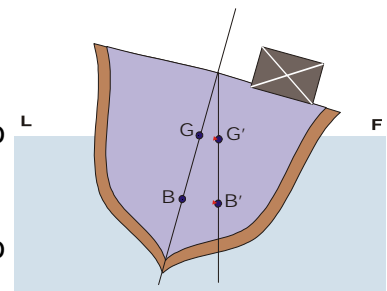
Observamos que o compasso ou trim é zero.

### Banda

Ocorre quando a embarcação adquire uma inclinação para um dos bordos; seu valor é expresso em graus.

Quando a embarcação adquire uma inclinação permanente, diz-se que ela está com uma banda permanente.

A leitura da banda pode ser verificada num instrumento denominado inclinômetro.



Essa banda permanente ocorre devido ao movimento transversal ou vertical do centro de gravidade da embarcação, proveniente da má distribuição de pesos.

Para evitar essa situação, devemos estar atentos ao carregamento, fazendo com que a quantidade de peso embarcada em um bordo seja igual ao do outro.

Dependendo da posição do centro de gravidade da embarcação e das condições de estabilidade, deve-se evitar carregar peso excessivo acima deste ponto notável.

É importante também que a carga seja bem peada e escorada para evitar que a mesma se desloque da sua posição de estivagem, deslocando a posição do centro de gravidade do navio.

### 1.3 Utilização das escalas de calado

As escalas de calado têm a finalidade de obter o calado médio que serve de elemento de entrada na tabela de dados hidrostáticos, e escala de porte, mostradas abaixo.

Com a tabela hidrostática e a escala de porte, podemos obter o peso da embarcação, também chamado de deslocamento.

Tabela de Dados Hidrostáticos							
CAL	DESL	TPC	MTC	LCB	LCF	KM	KB
2.00	2400	14,40	79,00	-2,40	-2,23	12,40	1,05
2.05	2480,00	14,40	79,25	-2,40	-2,25	12,08	1,07
2.10	2560	14,40	79,50	-2,40	-2,28	11,75	1,10
2.15	2640	14,40	79,75	-2,39	-2,20	11,51	1,12
2.20	2720	14,40	80,00	-2,38	-2,13	11,28	1,14
2.25	2800	14,40	80,00	-2,38	-2,11	11,14	1,17
2.30	2880	14,40	80,00	-2,38	-2,10	11,00	1,19
2.35	2960	14,40	80,00	-2,36	-2,08	10,90	1,21
2.40	3040	14,40	80,00	-2,35	-2,05	10,80	1,23
2.45	3120	14,40	80,25	-2,35	-2,03	10,65	1,26
2.50	3200	14,40	80,50	-2,35	-2,00	10,50	1,28
2.55	3276	14,45	80,50	-2,34	-1,99	10,25	1,31
2.60	3352	14,50	80,50	-2,33	-1,98	10,00	1,33
2.65	3428	14,50	80,75	-2,31	-1,95	9,90	1,36
2.70	3504	14,50	81,00	-2,30	-1,93	9,80	1,38
2.75	3580	14,50	81,25	-2,30	-1,91	9,65	1,41
2.80	3656	14,50	81,50	-2,30	-1,90	9,50	1,43
2.85	3732	14,51	81,75	-2,29	-1,89	9,43	1,46
2.90	3808	14,52	82,00	-2,28	-1,88	9,35	1,48
2.95	3884	14,53	82,25	-2,26	-1,85	9,30	1,51
3.00	3960	14,54	82,50	-2,25	-1,83	9,25	1,53
3.05	4040	14,54	82,50	-2,25	-1,79	9,15	1,56
3.10	4120	14,54	82,50	-2,25	-1,75	9,05	1,58
3.15	4200	14,54	82,75	-2,24	-1,74	8,98	1,61
3.20	4280	14,54	83,00	-2,23	-1,73	8,90	1,63
3.25	4360	14,54	83,50	-2,21	-1,70	8,83	1,66
3.30	4440	14,54	84,00	-2,20	-1,68	8,75	1,68
3.35	4520	14,57	84,25	-2,19	-1,65	8,68	1,71
3.40	4600	14,60	84,50	-2,18	-1,63	8,60	1,73

Exemplo da utilização da tabela de dados hidrostáticos: conhecendo-se um calado médio igual a 2,50 m, verificamos que o seu deslocamento é de 3.200 t.

Exemplo da aplicação da escala de porte: conhecendo-se um calado médio de 50 dm, ou 5 metros, verificamos que o deslocamento da embarcação é de 1.750 t.

Calados em decímetro	Deslocamento em água salgada (T.M)	Porte Bruto em água salgada (T.M)	Toneladas por cll de Inmersão	Calados em pies
54	2000	1100	5.8	XVIII
52	1900	1000	5.7	
50	1800	900	5.6	XVII
48	1700	800	5.5	XVI
46	1600	700	5.4	
44	1500	600	5.3	XV
42	1400	500	5.2	XIV
40	1300	400	5.1	
38	1200	300	5.0	XIII
36	1100	200	4.9	XII
34	1000	100	4.8	
32	900	0	4.7	XI
			4.6	
			4.5	
			4.4	

## **Deslocamento e Porte Bruto**

### **Deslocamento**

É o peso da embarcação expresso em toneladas. É representado pelo símbolo  $D$ . No Brasil, a unidade utilizada para a determinação do deslocamento é a tonelada métrica ou de 1.000 quilos.

Assim, cada tonelada métrica equivale a 1000 quilos.

O termo deslocamento é usado porque o peso da embarcação é igual ao peso do volume d' água deslocada pela carena da mesma.

Esse volume da carena ou das obras vivas multiplicado pela densidade do fluido onde a embarcação flutua determina o deslocamento da embarcação.

Dependendo das condições em que se encontrar a embarcação, teremos ainda as seguintes definições de deslocamento:

### **Deslocamento leve ( $DL$ )**

É o peso do casco, apêndices, acessórios de convés e máquinas e seus acessórios, em toneladas. É o peso da embarcação ao final da sua construção.

### **Deslocamento em lastro ( $DLa$ )**

É o peso da embarcação expresso em toneladas, sem carga.

### **Deslocamento atual ( $D$ )**

É o peso da embarcação expresso em toneladas flutuando na linha d' água considerada, sem estar nas condições leve, em lastro ou em plena carga.

### **Deslocamento em plena carga ou máximo ( $DPC$ ou $DM$ )**

É o peso da embarcação quando atinge o plano de flutuação máximo permitido pela linha de carga do local onde se efetua o carregamento, levando em conta as zonas onde vai navegar e o local da descarga.

### **Porte – Porte Bruto**

É o peso que o navio pode transportar, excetuando seu próprio peso, quando se encontra num determinado calado médio.

Em função dos pesos existentes a bordo, temos as seguintes definições de portes.

### **Porte Bruto Máximo ( $PBM$ )**

É a diferença entre o deslocamento máximo e o deslocamento leve.



### **Porte Líquido (PL)**

É o peso da carga, passageiros e bagagens, que rendem frete.

### **Porte Operacional (PO)**

É o peso de todos os elementos a serem supridos à embarcação de modo que ela possa operar numa determinada condição. Ele é a soma de todos os pesos de: óleo combustível, óleo diesel, óleo lubrificante, água potável, água destilada, lastro, guarnição e pertences, víveres, material sobressalente e qualquer outro peso transportado que não seja carga.

### **Porte Comerciável (PC)**

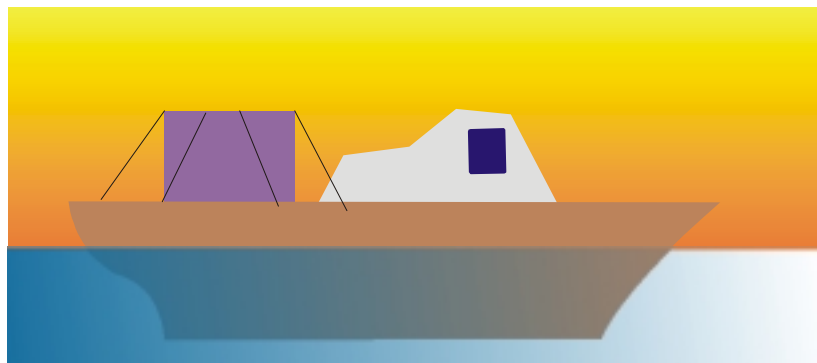
É o peso que falta em certa ocasião para o navio completar o seu porte bruto máximo.

### **Porte Bruto Atual (PBA)**

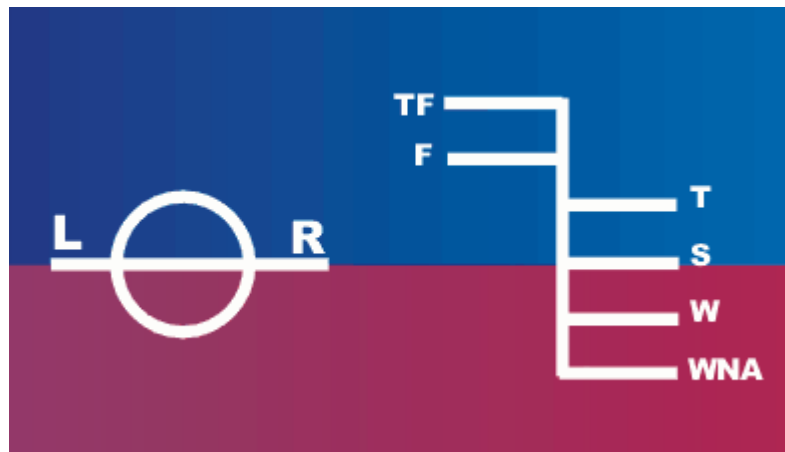
É o peso que o navio pode transportar considerando a diferença entre o deslocamento num calado considerado e o deslocamento leve.

O valor do porte bruto pode ser obtido na escala de porte, conforme exemplificado na página 15.

Considerando um calado médio de 53 dm ou 5,30 m, verifica-se que o porte bruto é de 1.000 t.



## 1.4 Linhas de carga do disco de Plimsoll



As linhas de carga são marcadas no costado da embarcação com a finalidade de se determinar a borda livre de segurança por ocasião dos carregamentos e viagens.

A borda livre foi instituída em 1876, devido à sucessão de acidentes ocasionados por carregamentos excessivos. Ela foi criada por Lord Samuel Plimsoll que inicialmente sugeriu que fosse cravado nos costados de BB e BE, um disco, intitulado disco de Plimsoll.

As linhas de carga são regulamentadas por uma Convenção Internacional de Linhas de Carga.

No Brasil, a DPC (Diretoria de Portos e Costas) do Comando da Marinha, é a autoridade competente para expedir esse Certificado, geralmente delegando tal atribuição às Sociedades Classificadoras.

O objetivo principal de estabelecimento das bordas livres e linhas de carga é a segurança, dotando os navios de uma reserva de flutuabilidade.

Essa linha de carga varia nas diferentes regiões e com as diferentes estações climáticas; em água doce permite-se que seja menor, não só porque a menor densidade ocasiona maior imersão para um mesmo deslocamento, como, principalmente, porque os locais de água doce são áreas abrigadas.

À direita do disco de Plimsoll, a meio navio, são cravadas as seguintes marcas de linhas de carga:

Marcas	Símbolo
Tropical	T
Verão	S
Inverno	W
Inverno no Atlântico Norte	WNA
Água Doce	F
Água Doce Tropical	TF

## 2. Estabilidade e Flutuabilidade

Veremos os conceitos de Estabilidade e as forças que permitem que uma embarcação mantenha as suas condições de estabilidade e as forças que permitem uma perfeita flutuabilidade em função da arrumação da carga e os esforços estruturais longitudinais que são responsáveis pela deflexão do casco.

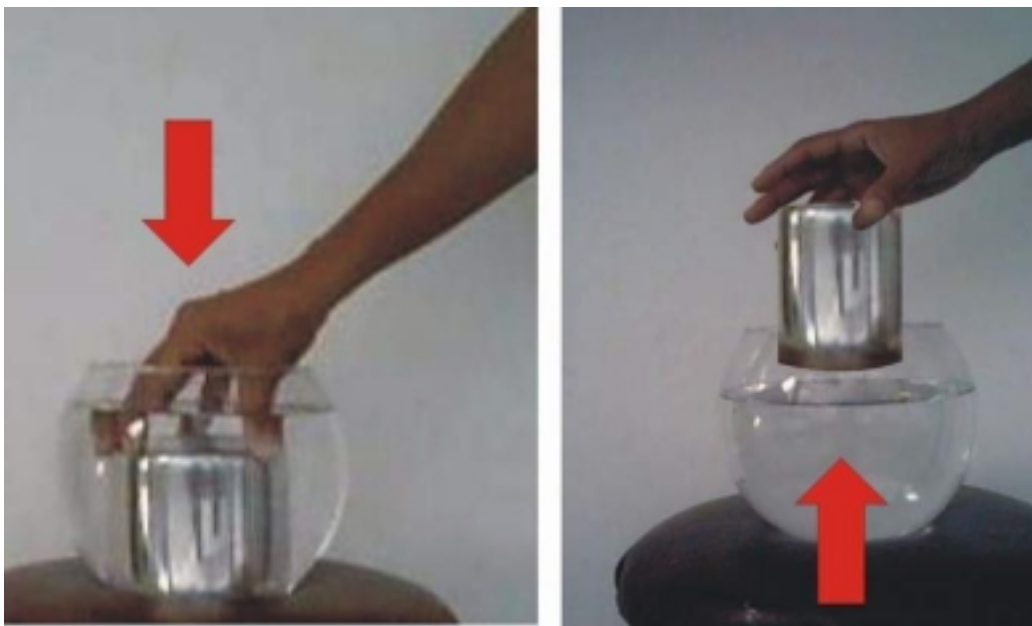
### 2.1 Empuxo e Princípio de Arquimedes

Antes de falarmos sobre força de empuxo, vamos conceituar flutuabilidade.

#### Flutuabilidade

É a propriedade que tem a embarcação de flutuar. Isto ocorre devido ao Princípio de Arquimedes, ou seja, “todo corpo mergulhado parcialmente num líquido recebe um empuxo de baixo para cima igual ao peso do líquido deslocado”. Para que ocorra essa flutuabilidade é preciso que o peso seja igual à força de empuxo.

Essa força de empuxo ocorre devido a uma impulsão de baixo para cima, conforme mostram as figuras abaixo.



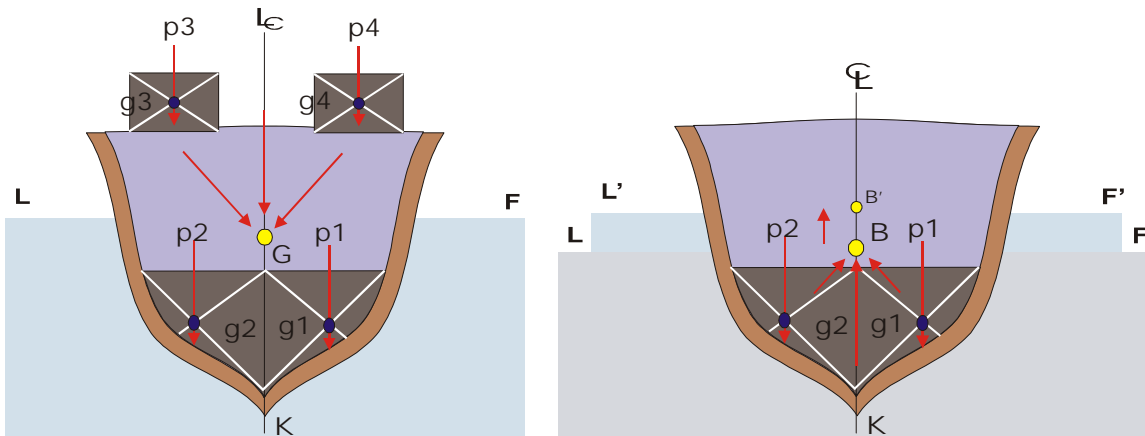
Se tomarmos uma lata estanque e a empurrarmos na água, ao largarmos ela subirá verticalmente. A força que faz com que a lata suba é a de flutuação, ou seja, a da reação da água nas paredes exteriores da lata. É exatamente isto que ocorre na embarcação quando ela é posta a flutuar.

Desta forma, verificamos que a força de empuxo age verticalmente de baixo para cima.

Para que a embarcação flutue será necessário que a intensidade da força de empuxo seja igual à da gravidade.

## 2.2 Centros de Gravidade e de Carena

A resultante de todos os pesos que atuam a bordo: o próprio peso da embarcação vazia, peso dos óleos combustíveis e lubrificantes, água potável, (aguada), lastro de água salgada, da carga e de todos os demais pesos existentes na embarcação, tem como ponto de aplicação o centro de gravidade que é representado, na seção transversal, pela letra “G”.



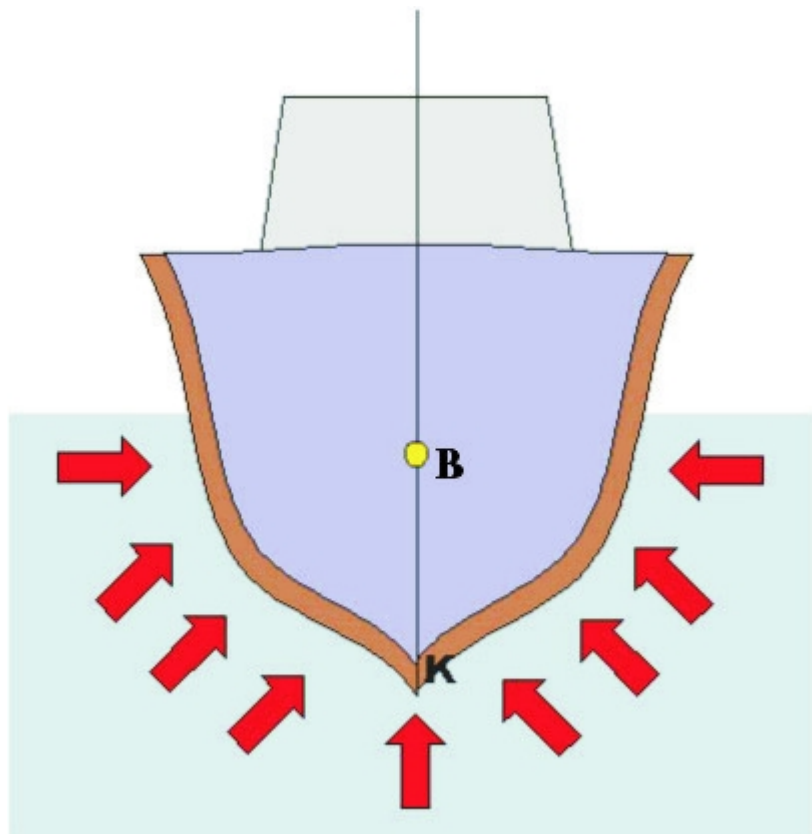
Esse ponto notável tem uma cota vertical ou distância em metros ou em pés, a partir do plano de base, sendo representado por KG.

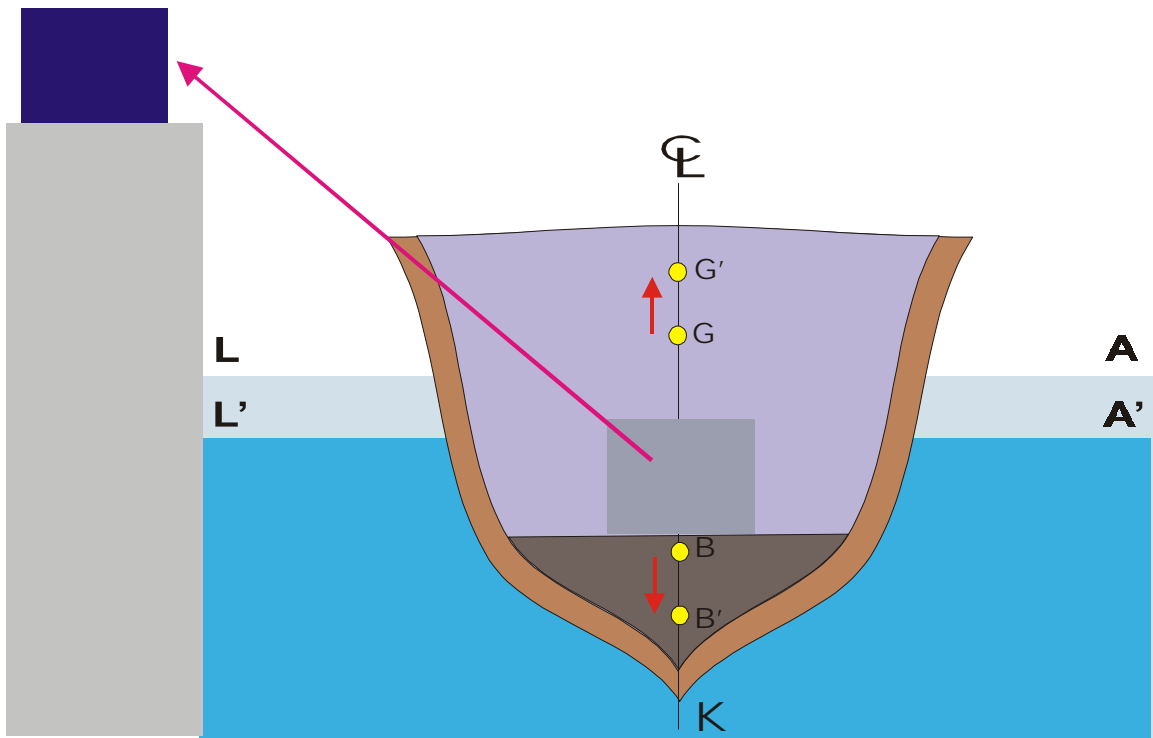
Todos os pesos existentes a bordo da embarcação, representados pela letra “p” têm seus centros de gravidade, que possuem suas cotas verticais, representadas por Kg,

### Centro de Carena

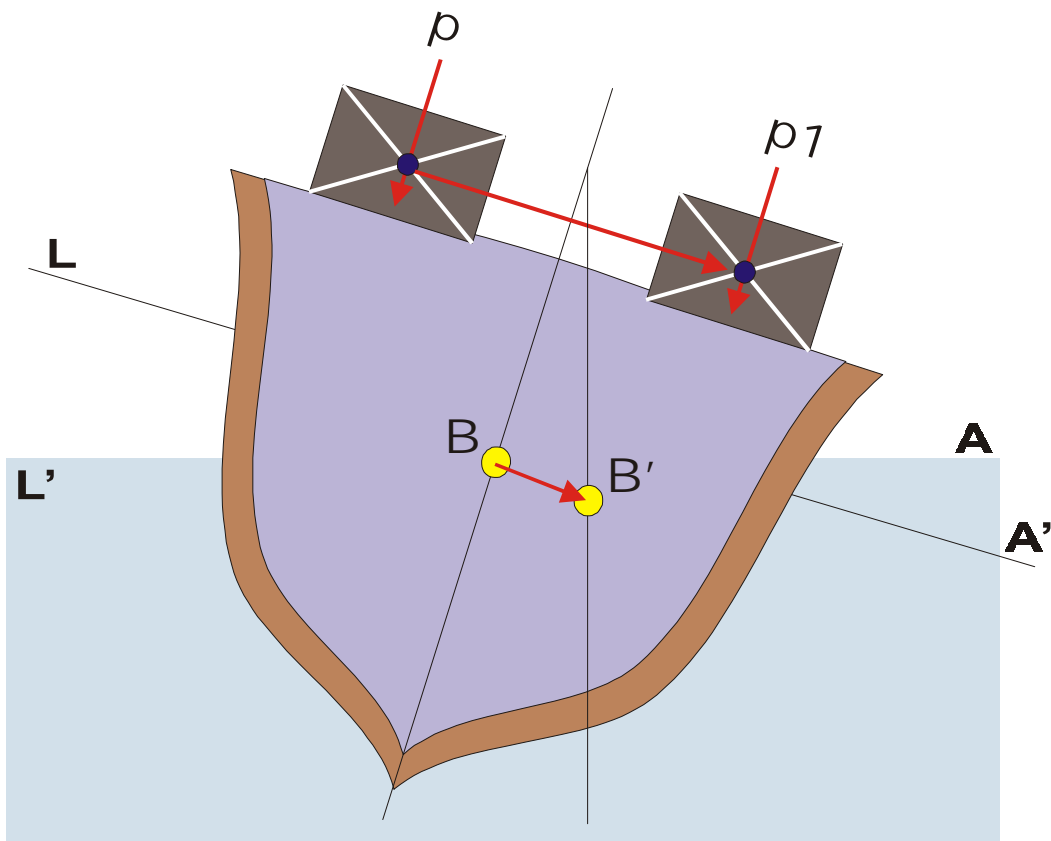
É o centro geométrico das obras vivas.

Esse ponto notável tem uma cota vertical, contada a partir do plano de base e é representado por KB.





Os pontos notáveis G e B variam de posição no sentido vertical sempre que são embarcados e desembarcados pesos, conforme mostra a figura acima e o centro de carena muda de posição, lateralmente, quando a embarcação se inclina para um dos bordos (figura abaixo).

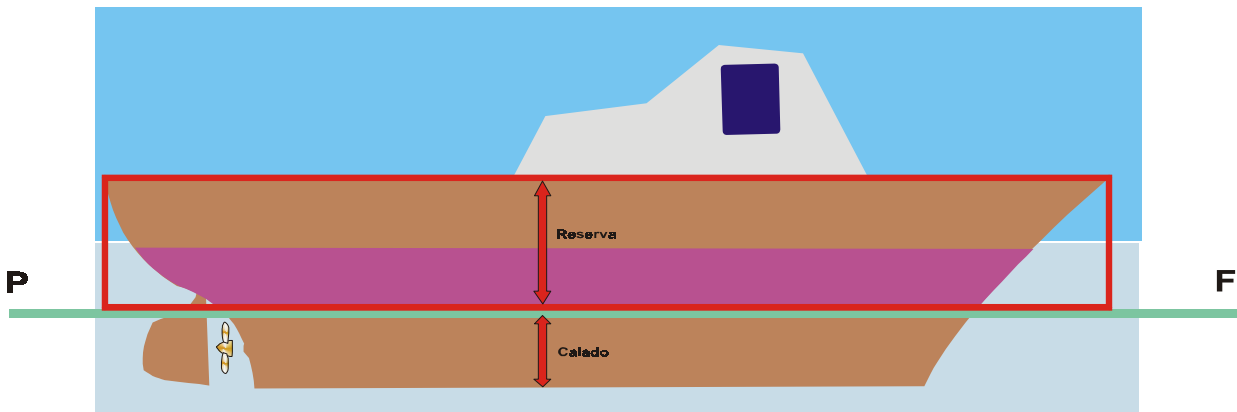


## 2.3 Flutuabilidade, Reserva de Flutuabilidade e Borda Livre

### Flutuabilidade

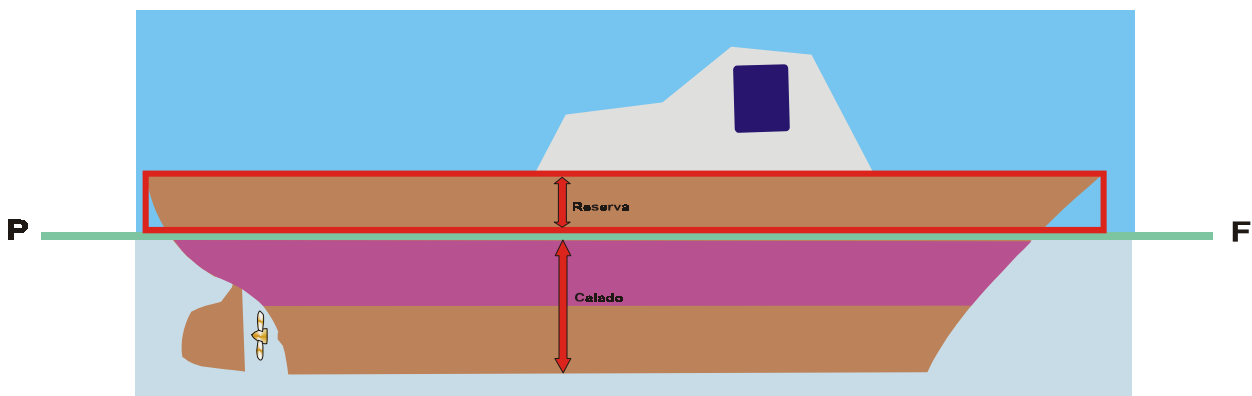
Como já definimos anteriormente, flutuabilidade é a capacidade que a embarcação tem de flutuar; isto ocorrerá sempre que o deslocamento da embarcação for igual à força de empuxo.

### Reserva de Flutuabilidade



É o volume da embarcação limitado pelos planos de flutuação e do convés principal.

Essa reserva varia em função do embarque e desembarque de mercadorias e, conseqüentemente, devido à variação do calado médio; portanto, se o deslocamento for aumentando, a reserva de flutuabilidade vai diminuindo e a embarcação poderá até submergir.

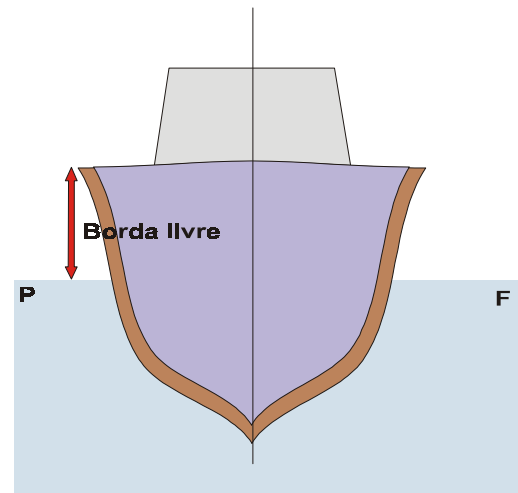


### Borda Livre (BL)

É a distância vertical medida no costado, entre a superfície da água e o convés principal.

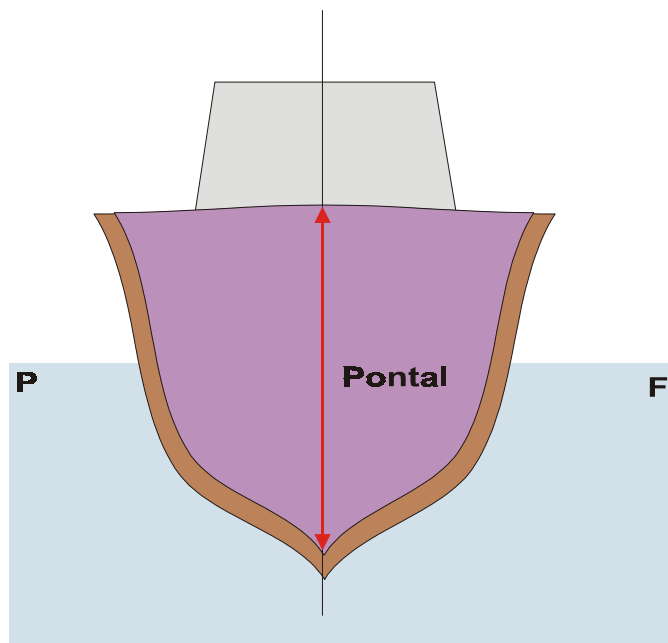
Ela pode ser obtida pela diferença entre o pontal da embarcação e o calado médio, ou  $BL = P - Cm$ .

Para melhor entendimento é preciso saber a definição de pontal.



### Pontal (P)

É a distância vertical ente o plano de base e o convés principal, conforme mostra a figura.



## 2.4 Esforços estruturais longitudinais

Estudaremos os esforços estruturais que uma embarcação sofre durante os carregamentos e durante a viagem, causando deformações na estrutura do casco. Podemos citar entre essas forças:

- o peso do casco da embarcação, das máquinas, da carga, do óleo combustível, aguada, e todos os demais pesos existentes a bordo.
- a pressão da água sobre a carena (a força de empuxo).
- a ação da vagas e do vento, causadores dos balanços.
- a ação das máquinas e do propulsor da embarcação em movimento.

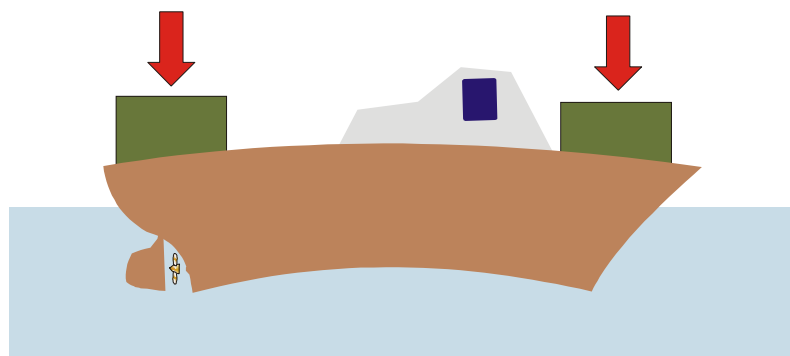
Por isso, o projeto da embarcação deve ser de tal forma, que seja capaz de suportar as forças deformadoras, sendo construída com reforços estruturais.

## Tipos de esforços estruturais

### Esforços Longitudinais

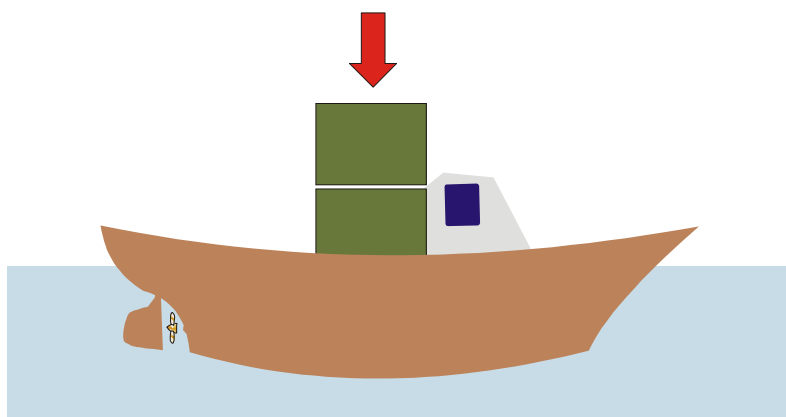
Consistem em esforços de flexão no sentido do comprimento da embarcação que provocam no casco deformações chamadas de alquebramento e contra-alquebramento.

#### Alquebramento



É quando ocorre uma maior concentração de pesos nas extremidades da embarcação, provocando uma curvatura longitudinal com a convexidade para cima.

#### Contra-Alquebramento



É quando ocorre uma maior concentração de pesos no centro da embarcação, provocando uma curvatura longitudinal com a convexidade para baixo; observe a figura.

Atualmente esses esforços estruturais são calculados utilizando equipamentos eletrônicos chamados “Loadmaster” ou mesmo um micro computador, usando-se programas especiais para simular esses efeitos.



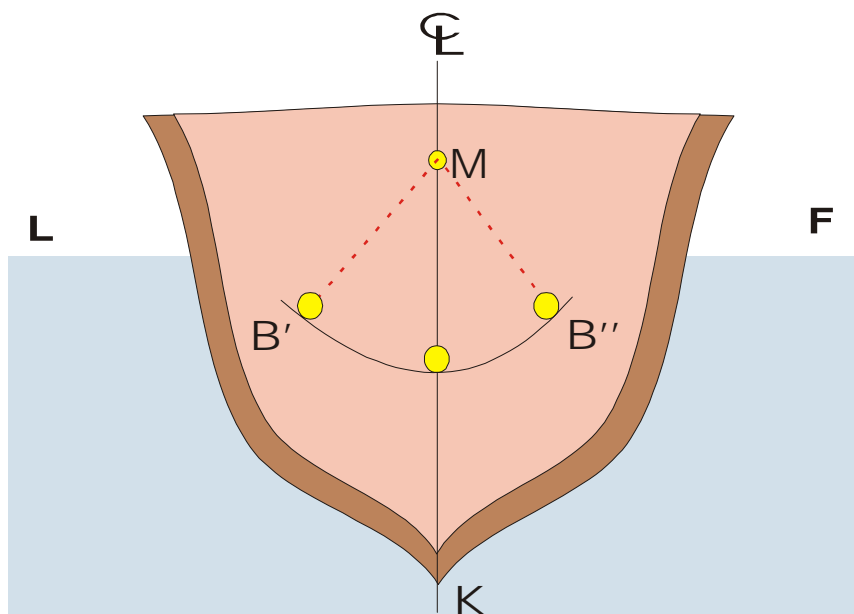
## 2.5 Metacentro Transversal, Altura Metacêntrica, Braço e Momento de Endireitamento

Anteriormente falamos sobre o Centro de Gravidade e o Centro de Carena; entretanto, para o estudo das condições de equilíbrio da embarcação veremos o conceito de mais um ponto notável chamado Metacentro Transversal.

### Metacentro Transversal

É o ponto de encontro de duas linhas de ação da força de empuxo quando a embarcação se inclina de dois ângulos muito próximos.

Na figura abaixo, verificamos que o Metacentro é função da movimentação de  $B'$  para  $B''$ , à medida que a embarcação se inclina.



Esse ponto notável tem uma cota vertical, medida em metros ou em pés, a partir do plano de base representado por  $KM$ .

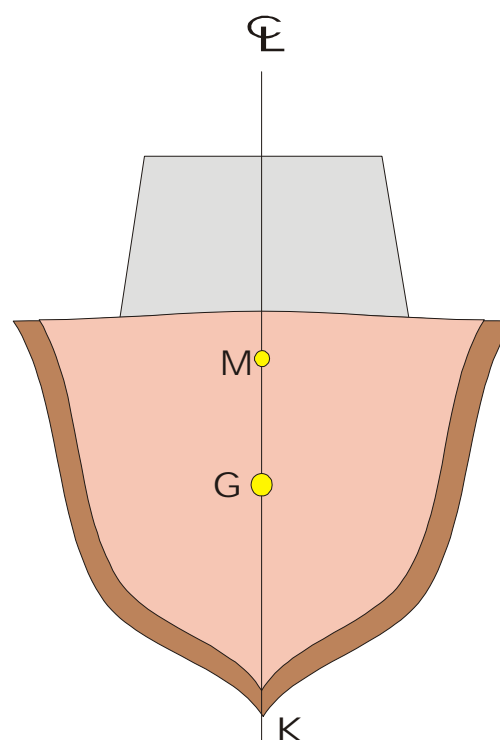
O Metacentro dá origem ao aparecimento de uma distância vertical muito importante para o estudo da estabilidade transversal, que é a altura metacêntrica.

Essa altura é a distância entre “ $G$ ” e “ $M$ ”.

Essa altura metacêntrica também é conhecida como  $GM$ .

O seu valor permite que se tenha uma idéia bastante real da estabilidade da embarcação.

Conhecidos esses três pontos notáveis e suas cotas verticais, poderemos oportunamente aprender as condições de equilíbrio da embarcação.



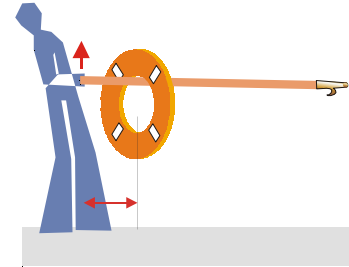
## Braço e Momento de endireitamento

Para estudarmos esses assuntos teremos, de uma maneira simples, que explicar o conceito de momento de uma força e um sistema binário.

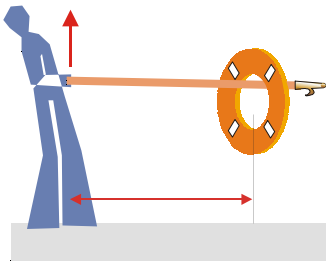
### Momento de uma força

É o produto de uma força ou peso pela distância ao seu ponto de aplicação.

Para melhor entendimento, mostraremos uma experiência que consiste no seguinte: Uma pessoa erguendo uma bóia circular por meio de um croque, segurando na sua ponta e mantendo-a em uma posição horizontal.

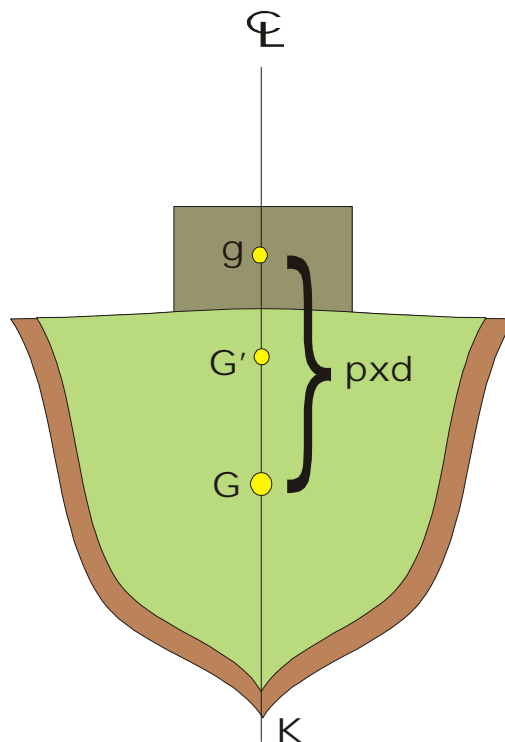


No momento em que a bóia está próxima da mão, apresenta um peso e, na medida em que se afasta para a ponta do croque, temos a sensação de que ela fica mais pesada em função do aumento da distância.



Na verdade a bóia não altera o seu peso; o que ocorre é que quanto mais distante ela ficar da mão que sustenta o croque, mais distante ficará seu centro de gravidade da força necessária para neutralizar seu peso, e mantê-la erguida. Isso é o momento de uma força ou um peso.

No caso de uma embarcação, todo peso que embarca ou desembarca a bordo terá como ponto ou plano de aplicação do seu momento o plano de base, o ponto K.



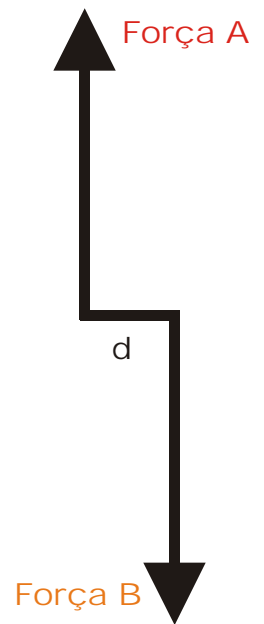
## Binário

É um sistema de duas forças paralelas, de mesma intensidade e sentidos contrários, aplicadas ao mesmo corpo.

Observe na figura ao lado, que a força A é exercida para cima, enquanto a força B é exercida para baixo e a distância entre essas duas forças chamamos de braço de binário.

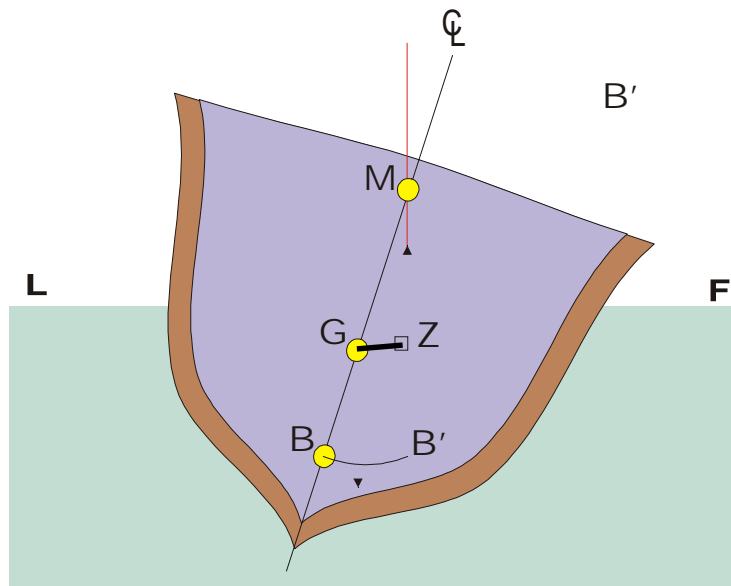


Observamos que a tendência do binário é causar uma rotação. Ao abrir uma torneira, nós utilizamos um sistema binário.



Após a explicação sobre momento de uma força e braço de um binário, é possível verificarmos como isso influi na estabilidade transversal estática.

Observamos na figura abaixo que existe um sistema binário toda vez que uma embarcação balança. Durante o balanço a força de gravidade (peso) atua para baixo e a força do empuxo, para cima.



Observando a figura acima, podemos identificar o binário que se forma, quando ocorre o balanço da embarcação e que existe uma distância entre a força da gravidade (peso) e a força de empuxo, representado pela reta GZ, à qual chamamos de braço de adriçamento ou de estabilidade.

Devido à existência desse binário, ocorre um momento de adriçamento, que corresponde a intensidade da força que levará a embarcação novamente à sua posição de equilíbrio, neste caso, adriçado.

O Momento de Adriçamento é igual ao produto do deslocamento pelo braço de adriçamento ou de estabilidade.

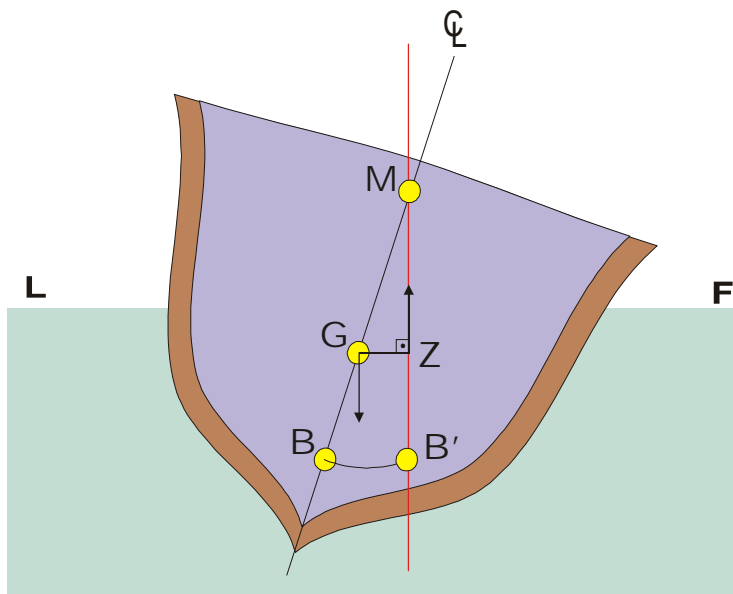
Ele pode ser calculado pela fórmula:  $ME = \text{Deslocamento} \times GZ$ .

Em algumas publicações o deslocamento é representado pelo símbolo  $D$ .

Esse assunto é importante para analisarmos as condições de equilíbrio de uma embarcação.

Toda embarcação, em função da distribuição da carga a bordo, pode se encontrar numa dessas três condições de equilíbrio: Estável, Indiferente e Instável.

### Equilíbrio Estável



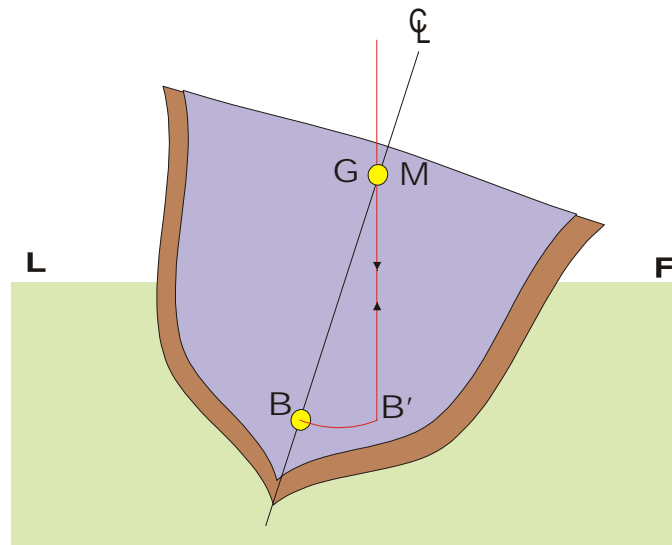
Essa condição ocorre quando a GM é positiva, ou seja, quando a cota do Metacentro ou KM, é maior que a cota do centro de Gravidade ou KG; veja a figura.

Analisando essa figura, podemos concluir que com GM positiva sempre existe braço de adriçamento (GZ), que compõe o binário, trazendo a embarcação para a posição de equilíbrio inicial.

Podemos concluir também que quanto maior a GM, maior será o braço de adriçamento (GZ) e isto provocará um excesso de estabilidade, que não é uma boa condição de estabilidade, pois aumentará muito o momento de estabilidade provocando balanços bruscos, podendo causar avarias à embarcação, à carga, aos equipamentos e desconforto para a tripulação e passageiros.

## Equilíbrio Indiferente

Ele acontece quando a GM é zero, ou seja, quando a cota do Metacentro, KM é igual à cota do centro de Gravidade, KG, conforme mostra a figura.

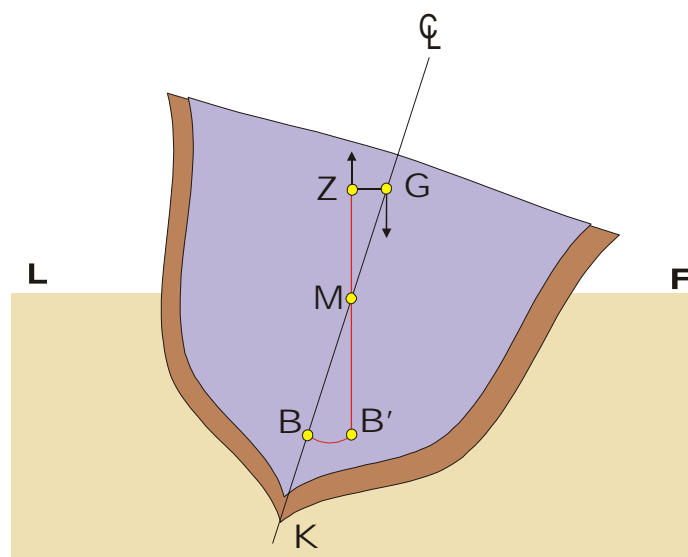


Observando a figura acima, é fácil concluir que, com essa condição de equilíbrio, não existirá o braço de adriçamento,  $GZ$ ; logo a embarcação se comportará indiferentemente, isto é, caso aderne para um dos bordos, permanecerá adernada numa inclinação constante por não existir braço de adriçamento. Essa condição é indesejável e perigosa.

Quando isto ocorrer o procedimento correto é lastrar os tanques de duplo fundo, deslastrar os tanques elevados ou remover a carga para posições o mais próximo possível ao plano de base da embarcação.

## Equilíbrio Instável

É a pior condição de equilíbrio e ela acontece quando a GM é negativa, ou seja, quando a cota do centro de gravidade da embarcação, KG, é maior que a cota do



Metacentro, KM, conforme mostrado na figura abaixo.

Analisando a figura anterior, conclui-se que com a GM negativa, o binário composto pela força de gravidade G e pela força de empuxo B, serão criados braços negativos ou de emborcamento, isto significa que ao invés de trazer a embarcação para a posição de equilíbrio inicial tenderá a levá-la a um emborcamento.

A condição instável é, sem dúvida, a pior situação de estabilidade e só se chega a essa situação quando não se faz um planejamento do carregamento das mercadorias e não se controla o consumo do óleo combustível.

A maneira de se evitar o equilíbrio instável é procurar carregar as mercadorias preferencialmente no fundo da embarcação para aumentar a GM, tomando-se também o cuidado para se evitar o excesso de estabilidade que como já comentamos anteriormente, pode provocar avarias à carga e ao navio.

## 2.6 Arrumação da carga no equilíbrio da embarcação

Na unidade anterior estudamos as três condições de equilíbrio de uma embarcação e suas influências no valor da GM ou altura metacêntrica.

Para se conseguir a melhor condição de equilíbrio, que é a estável, é importante que se faça um bom planejamento do carregamento das mercadorias.

Inicialmente isso é possível consultando-se o caderno de estabilidade, isto é, um manual de carregamento fornecido à embarcação ao final da construção.

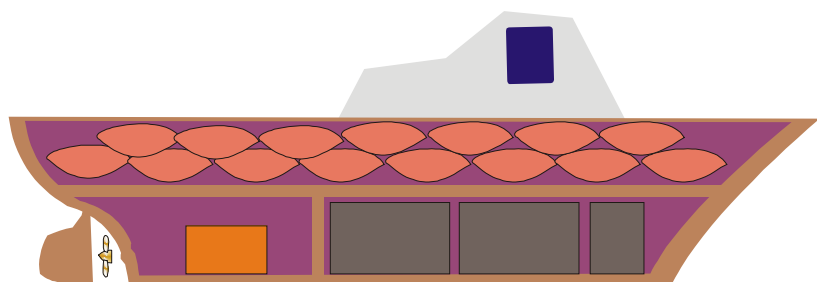
Nesse manual são mostradas diversas situações de carregamentos com mercadorias estivadas nos porões de carga. Nele é possível encontrar os valores de GM, KG e KM em vários deslocamentos.

Mesmo consultando esse manual, o responsável pela distribuição da carga deve ter o cuidado de evitar estivar mercadorias muito pesadas no convés ou na coberta. Essas cargas devem, preferencialmente, ser estivadas no cobro ou fundo do porão.

Antes do carregamento, o responsável pela arrumação da carga deve ter conhecimento do valor da GM para evitar a concentração de mercadorias pesadas acima do centro de gravidade do navio.

Nas navios que transportam contêineres, é importante que se opere corretamente o lastro fixo, pois, devido à grande quantidade de contêineres estivados no convés, há a tendência da elevação do centro de gravidade da embarcação.

A boa arrumação da carga é importante, pois, quando bem distribuída, permite manter boas condições de estabilidade com uma boa GM, durante o carregamento, a travessia e por ocasião das operações de descarga nos portos de escala.



## Bibliografia

BRASIL. Ministério de Defesa. Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas. **Norma da Autoridade Marítima nº 2 (NORMAM 02)**. Rio de Janeiro, 2000

FONSECA, Maurílio M. **Arte Naval**. 5. ed. Rio de Janeiro: SDGM, 1989.