

Disciplina: EST-1

Professor: Quintana

TÓPICO 07: CÁLCULO DA MUDANÇA DE POSIÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE

1) CÁLCULO DA MUDANÇA DE POSIÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE

⇒ Verifica-se que o centro de gravidade de uma embarcação muda de posição conforme seja embarcado, desembarcado ou removido pesos a bordo.

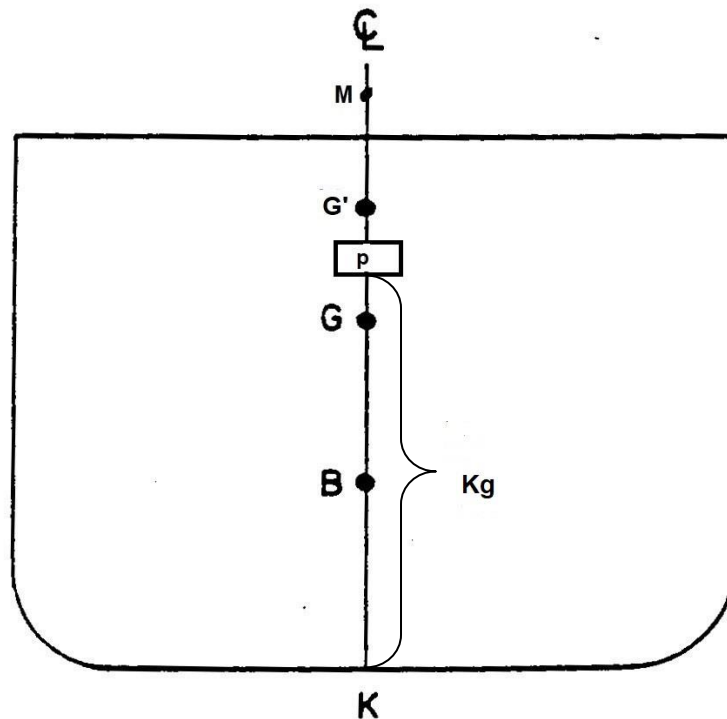
1.1) CAUSAS DA MUDANÇA DE POSIÇÃO DE G.

⇒ O centro de gravidade (G) é o ponto de aplicação da resultante de todos os pesos de bordo. Portanto, sua posição será alterada se:

- a) Houver mudança de posição de pesos a bordo (remoção).
- b) Houver variação no total de pesos a bordo (embarque ou desembarque).

⇒ para fins didáticos vamos analisar através de um embarque de um peso acima do centro de gravidade inicial da embarcação, figura 1.

Figura 1:



Relação Fundamental:

$$GG' = KG' - KG$$

Sabemos que: $KG' = \frac{\Delta \cdot KG + p \cdot Kg}{(\Delta + p)}$

Substituindo: $GG' = \frac{\Delta \cdot KG + p \cdot Kg}{(\Delta + p)} - KG$

Obtemos, então: $GG' = \frac{p \cdot (Kg - KG)}{(\Delta + p)}$

Fazendo: $d = Kg - KG$

Logo: $GG' = \frac{p \cdot d}{(\Delta + p)}$

⇒ O significado da distância d dependerá da operação analisada (embarque, desembarque ou remoção).

1.2) CONVENÇÃO DE SINAIS

⇒ Utilizar sempre: $KG' = KG + GG'$

⇒ Para facilitar os cálculos, podemos convencionar que:

Embarque: $p > 0$

Desembarque: $p < 0$

⇒ Para as distâncias verticais: $d = Kg - KG$

Se peso acima de G: $d > 0$

Se peso abaixo de G: $d < 0$

⇒ Procedendo assim, obteremos:

Quando o CG sobe: $GG' > 0$

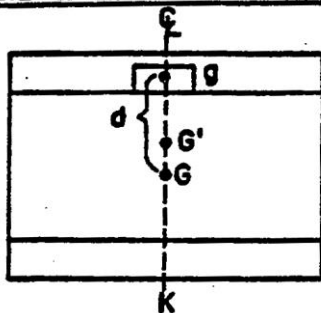
Quando o CG desce: $GG' < 0$

Observação: fazer analogia com o cálculo do centro de massa de um corpo.

1.2) DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DE G APÓS O EMBARQUE DE PESOS

1.2.1) EMBARQUE DE PESO CENTRALIZADO E ACIMA DE G

1) CENTRALIZADO E ACIMA DE "G"



$$GG' = \frac{p \cdot d}{\Delta + p}$$

$$\text{onde } d = K_g - KG$$

$\Rightarrow p > 0, d > 0, GG' > 0 \Rightarrow$ O CG do navio sobe

Exemplo 1: Um navio atracou no porto de Santos deslocando 5400 t. Durante as operações foram embarcadas 360 t numa posição que dista de 6 m acima do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determinar de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

Lista de Exercícios 15

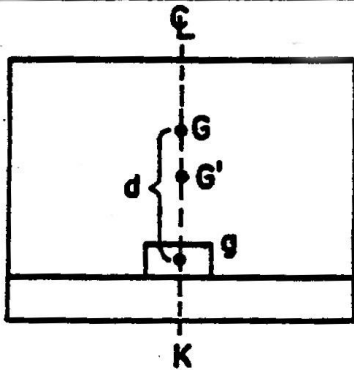
01) Um navio atracou no porto de Santos deslocando 6440 t. Durante as operações foram embarcadas 460 t numa posição que dista de 5 m acima do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determinar de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

02) O navio "Comte. Franco" atracou no porto de Paranaguá deslocando 7560 t com $KG = 8,25$ m e $KM = 9,02$ m. Durante as operações foram embarcadas 387 t numa posição que dista de 4,25 m acima do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determine:

- de quanto deslocou o centro de gravidade do navio;
- a cota do centro de gravidade ao final do carregamento,
- a altura metacêntrica ao final do carregamento; considere a cota do metacentro inalterada;
- o estado de equilíbrio ao final do carregamento.

1.2.2) EMBARQUE DE PESO CENTRALIZADO E ABAIXO DE G

2) CENTRALIZADO E ABAIXO DE "G"



$$GG' = \frac{P \cdot d}{\Delta + P}$$

$$\text{onde } d = Kg - KG$$

$\Rightarrow p > 0, d < 0, GG' < 0 \Rightarrow$ O CG do navio desce

Exemplo 2: Um navio atracou no porto de Santos deslocando 4000 t. Durante as operações de carregamento, foram embarcadas 250 t numa posição que dista de 5 m abaixo do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determinar de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

Lista de Exercícios 16

01) Um navio atracou no porto de Santos deslocando 5650 t. Durante as operações de carregamento, foram embarcadas 350 t numa posição que dista de 4 m abaixo do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determinar de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

02) O navio "Comte. François" atracou no porto de Manaus deslocando 7564 t com $KG = 6,25$ m e $KM = 7,69$ m. Durante as operações de carregamento, foram embarcadas 436 t numa posição que dista de 4,41 m abaixo do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determine:

- de quanto deslocou o centro de gravidade do navio;
- a cota do centro de gravidade ao final do carregamento, considere a cota do metacentro inalterada;
- a altura metacêntrica ao final do carregamento;
- o estado de equilíbrio ao final do carregamento.

1.3) EFEITOS DO DESEMBARQUE

⇒ O estudo é análogo aos efeitos do embarque, estudaremos através de exemplos.

Exemplo 3: Um navio atracou no porto de Santos deslocando 5400 t. Durante as operações de carregamento, foram desembarcadas 400 t numa posição que dista de 4 m abaixo do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determinar de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

Exemplo 4: Um navio atracou no porto de Cabedelo deslocando 4320 t. Durante as operações de carregamento, foram desembarcadas 320 t numa posição que dista de 5 m acima do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determinar de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

Lista de Exercícios 17

01) O navio “Comte. Waldemar” atracou no porto de Recife deslocando 8450 t com $KG = 8,32$ m e $KM = 9,27$ m. Durante as operações foram desembarcadas 450 t numa posição que dista de 5,47 m acima do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determine:

- a) de quanto deslocou o centro de gravidade do navio;
- b) a cota do centro de gravidade ao final das operações,
- c) a altura metacêntrica ao final das operações; considere a cota do metacentro inalterada;
- d) o estado de equilíbrio ao final das operações.

02) O navio “Comte. André” atracou no porto de Porto Alegre deslocando 3200 t com $KG = 6,38$ m e $KM = 7,56$ m. Durante as operações foram desembarcadas 200 t numa posição que dista de 4,06 m abaixo do centro de gravidade inicial. Com base nestes dados, determine:

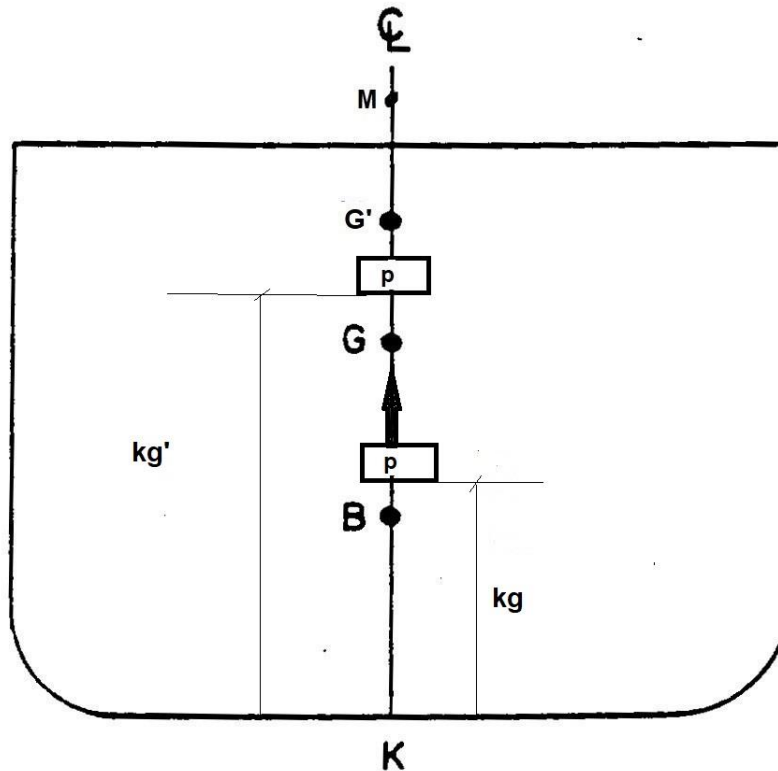
- a) de quanto deslocou o centro de gravidade do navio;
- b) a cota do centro de gravidade ao final das operações,
- c) a altura metacêntrica ao final das operações; considere a cota do metacentro inalterada;
- d) o estado de equilíbrio ao final das operações.

1.4) DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DE G DEPOIS DA REMOÇÃO DE PESOS

⇒ Devemos analisar como sendo um desembarque e um embarque do mesmo peso.

⇒ Para facilitar didaticamente vamos ilustrar através da figura 2, a remoção de um peso de baixo para cima

Figura 2:



Relação Fundamental: $GG' = KG' - KG$

Sabemos que: $KG' = \frac{\Delta \cdot KG + p \cdot Kg' - p \cdot Kg}{(\Delta + p - p)}$

Desenvolvendo: $KG' = \frac{\Delta \cdot KG + p \cdot (Kg' - Kg)}{\Delta}$

Substituindo: $GG' = \frac{\Delta \cdot KG + p \cdot (Kg' - Kg)}{\Delta} - KG$

Obtemos, então: $GG' = \frac{p \cdot (Kg' - Kg)}{\Delta}$

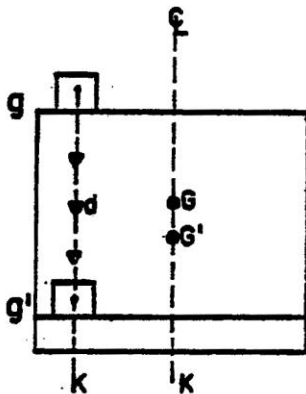
Fazendo: $d = Kg' - Kg$; a distância entre a posição final e inicial do peso removido.

Logo: $GG' = \frac{p \cdot d}{\Delta}$

1.4.1) Primeiro Caso: Na vertical de cima para baixo

1) VERTICAL

a) de cima para baixo:



$GG' = \frac{p \cdot d}{\Delta}$
 onde: $d = gg'$ ou $Kg' - Kg$

$\Rightarrow GG' = \text{peso} \times \text{distância} / \text{deslocamento}$
 $\Rightarrow d < 0, GG' < 0 \Rightarrow$ O CG do navio desce

Exemplo 5: Em um navio cujo deslocamento é de 4000 t, uma carga de 100 t é removida do convés para o cobro numa distância vertical de 10 m. Determine de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

Lista de Exercícios 18

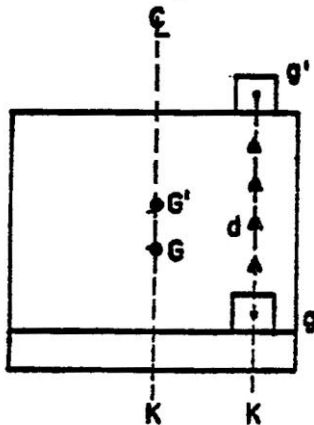
01) Em um navio cujo deslocamento é de 16000 t, uma carga de 500 t é removida do convés para o cobro numa distância vertical de 16 m. Determine de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

02) O navio “Comte. Origuela” apresenta deslocamento de 5000 t, $KG = 8,67\text{m}$ e $KM = 9,17\text{m}$. Uma carga de 300 t é removida do convés para o cobro do porão nº 03 numa distância vertical de 12 m. Com base nestes dados, determine:

- a) de quanto deslocou o centro de gravidade;
- b) a cota do centro de gravidade após a remoção;
- c) a altura metacêntrica após a remoção; considere a cota do metacetro inalterada;
- d) o estado de equilíbrio após a remoção.

1.4.2) Segundo caso: Na vertical de baixo para cima

b) de baixo para cima:



$$GG' = \frac{p \cdot d}{\Delta}$$

$$\text{onde: } d = gg' \text{ ou } Kg' - Kg$$

$$\Rightarrow GG' = \text{peso} \times \text{distância} / \text{deslocamento}$$

$$\Rightarrow d > 0, GG' > 0 \Rightarrow \text{O CG do navio sobe}$$

Exemplo 6: Em um navio cujo deslocamento é de 5000 t, uma carga de 100 t é removida do cobro para o convés numa distância vertical de 8 m. Determine de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

Lista de Exercícios 19

01) Em um navio cujo deslocamento é de 6000 t, uma carga de 300 t é removida do cobro para o convés numa distância vertical de 6 m. Determine de quanto deslocou o centro de gravidade do navio.

02) O navio “Comte. Bruno” apresenta deslocamento de 16000 t, $KG = 6,74$ m e $KM = 8,12$ m. Uma carga de 400 t é removida do cobro para a cobertura do porão nº 04 numa distância vertical de 8,4 m. Com base nestes dados, determine:

- a) de quanto deslocou o centro de gravidade;
- b) a cota do centro de gravidade após a remoção;
- c) a altura metacêntrica após a remoção; considere a cota do metacentro inalterada;
- d) o estado de equilíbrio após a remoção.