

**LUCIANA PINTO BARACHO**

**ESTABILIDADE EM UNIDADES SEMI-SUBMERSÍVEIS**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

**Orientador: CLC Adilson da Silva Coelho.**

Rio de Janeiro  
2013

**LUCIANA PINTO BARACHO**

**ESTABILIDADE EM UNIDADES SEMI-SUBMERSÍVEIS**

**Orientador: CLC Adilson da Silva Coelho**

Banca Examinadora (apresentação oral):

---

---

---

Nota: \_\_\_\_\_

Nota Final: \_\_\_\_\_

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

A todos que me apoiaram nessa conquista, principalmente minha mãe.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Mestre CLC Adilson Coelho, por me orientar neste trabalho e por, após 9 anos de formada ter o privilégio de partilhar novos ensinamentos. A orientação dos Mestres Cmt. Valgas Lobo e Ten. Raquel Apolaro, pois dedicaram seu tempo para corrigir nossos erros e nos guiar para o caminho certo na execução desta monografia.

Aos meus colegas de trabalho e amigos, que torcem pelas minhas conquistas e vibram com as minhas vitórias. Ao meu amigo e veterano Júlio Rocha, pela amizade, profissionalismo e lealdade.

Finalizando, agradeço também aos meus colegas do curso, pois foram três meses que deixarão saudade, devido ao profissionalismo, amizade e união dos formandos desta turma.

“Quanto mais alto voamos, menores parecemos aos olhos daqueles que não sabem voar.”

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

Com o desenvolvimento da indústria offshore e a crescente demanda nas atividades petrolíferas, tem-se buscado atender aos critérios rígidos de operacionalidade, viabilidade econômica, segurança nas operações e preservação do meio ambiente. Grande parte das reservas estão localizadas em águas profundas e ultra profundas. Por esse motivo, é cada vez mais frequente a utilização das plataformas flutuantes, sendo elas semi-submersíveis, navios sonda e FPSO's. As operações em unidades semi-submersíveis, as quais serão descritas nesse trabalho, devem ser cuidadosamente realizadas, já que trata-se de uma embarcação construída para atender a um conjunto específico de condições operacionais. Os cálculos de planejamento de estabilidade permitem prever o comportamento dessa unidade flutuante. A finalidade é reduzir esforços estruturais, otimizar o carregamento e as operações frequentes realizadas no controle de lastro em conjunto com as operações de perfuração, as quais ocorrem de forma constante e dinâmica. Assim, serão apresentadas análises de estabilidade e cálculos realizados pelo Imediato, Comandante e Controlador de Lastro, em condições normais de operação (intacta) e eventualmente em casos de avaria.

**Palavras chaves:** Estabilidade. Semi-submersível. Controle de lastro. Planejamento. Comandante.

## **ABSTRACT**

Following the offshore industry development and the increasingly demand in the petroleum activities, everyone's concern is to attend the rigid operations criteria, economic viability, safety enhancement and environment preservation. The biggest portions of the reservoirs are located in deep or ultra deep waters. For this reason, is frequently common the use of floating platforms, which can be semi-submersibles, drill ships and FPSO's. The operations on the semi submersible units, which will be described in this work, must be carefully undertaken, considering the challenge to comply with a specific arrangement of operational conditions. The stability calculations plan allows a preview of behavior of such floatable units. The purpose is to reduce the structural stress, optimize the loading and the frequent operations performed in the ballast control and drilling operations, which happen in a dynamic and constant way. Therefore, stability analyses will be presented and calculations done by the Chief Mate, Captain and Ballast Control Operator, in normal conditions (intact) and eventually in damage situations.

**Keywords:** Stability. Semi submersible. Ballast Control. Planning. Drilling. Captain.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Embarque de um peso acima do Centro de Gravidade.....	15
Figura 2 – Embarque de um peso abaixo do Centro de Gravidade.....	15
Figura 3 – Desembarque de um peso acima do Centro de Gravidade.....	16
Figura 4 – Desembarque de um Peso abaixo do Centro de Gravidade.....	16
Figura 5 – Centro de Gravidade movendo na direção do deslocamento do peso.....	17
Figura 6 – Representação VCG, TCG e LCG.....	17
Figura 7 – Representação do Centro de Carena (B).....	18
Figura 8 – Representação Metacentro (M).....	19
Figura 9 – Representação do Braço de Estabilidade (GZ).....	19
Figura 10 – Braço de Adriçamento e Braço de Emborcamento.....	20
Figura 11 – Representação de Equilíbrio Estável.....	21
Figura 12 – Representação de Equilíbrio Indiferente.....	21
Figura 13 – Representação de Equilíbrio Instável.....	22
Figura 14 – Exemplo de Deslocamento Leve de uma plataforma.....	23
Figura 15 – Efeitos da Superfície Livre na Estabilidade.....	24
Figura 16 – Exemplo de Plataforma Semi-submersível.....	26
Figura 17 – Tela de um Programa de Estabilidade.....	30
Figura 18 – Simulação de Lastro no Calculador de Estabilidade.....	31
Figura 19 – Sistema de lastro da plataforma SS 83.....	34
Figura 20 – Curva de KG Máximo Admissível .....	34
Figura 21 – Faixa de calados do manual de operação e zona de avaria.....	36
Figura 22 – Delimitação das áreas sujeitas a avaria,.....	37
Figura 23 – Plataforma Petrobrás 36.....	40
Figura 24 – Plataforma P-36 adernada.....	42
Figura 25 – Plataforma P-36 emborcando.....	44

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Tipos de Estabilidade .....	14
Tabela 2: Condições Meteorológicas para Calado de Navegação .....	27
Tabela 3: Características da Plataforma P-36.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo
B	Centro de Carena
BCO	<i>Ballast Control Operator</i>
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
DP	Dynamic Positioning (Posicionamento Dinâmico)
DPC	Diretoria de Portos e Costas
G	Centro de Gravidade
GM	Altura Metacêntrica
GZ	Braço de Estabilidade (Braço de Adriçamento ou Emborcamento)
IMO MODU CODE:	<i>Code for the Construction and. Equipment of Mobile Offshore Drilling Units</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i> (Organização Marítima Internacional)
KG	Cota do Centro de Gravidade
LCG	Distância Horizontal do Centro de Gravidade (Longitudinal)
M	Metacentro
ME	Momento de Estabilidade (Momento de Adriçamento ou Emborcamento)
MODU	<i>Mobile Offshore Drilling Unit</i>
OIM	<i>Offshore Installation Manager</i>
S.L	Superfície Livre
SS	Semi-submersível
TCG	Distância Transversal do Centro de Gravidade
VCG	Distância Vertical do Centro de Gravidade
VDL	<i>Variable Deck Load</i>
$\Delta$	Deslocamento

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1 CONCEITOS BÁSICOS DE ESTABILIDADE</b> .....	14
1.1 Definição de Estabilidade.....	14
1.1.1 Tipos de Estabilidade .....	14
1.2 Pontos Notáveis da Estabilidade.....	14
1.2.1 Centro de Gravidade (G) .....	14
1.2.2 Centro de Carena (B).....	18
1.2.3 Metacentro (M).....	18
1.2.4 Braço de Estabilidade (GZ) .....	19
1.2.5 Momento de Estabilidade (ME) .....	20
1.3 Estados de Equilíbrio.....	20
1.3.1 Equilíbrio Estável .....	20
1.3.2 Equilíbrio Indiferente ou Neutro .....	21
1.3.3 Equilíbrio Instável .....	22
1.4 Deslocamento Leve ( <i>lightship</i> ).....	22
1.4.1 Teste de Inclinação .....	23
1.5 Superfície Livre .....	23
<b>2 PLATAFORMAS SEMI-SUBMERSÍVEIS</b> .....	29
2.1 Modos de Operação ou Calados de Operação .....	25
2.1.1 Calado de Operação .....	26
2.1.2 Calado de Trânsito ou Navegação .....	27
2.1.3 Calado de Sobrevivência .....	26
2.2 Limitações Estruturais .....	28
<b>3 PROGRAMA DE CARREGAMENTO COMPUTADORIZADO</b> .....	29
3.1 Simulação de Lastro .....	30
3.1.1 Operações de Resposta a Emergências.....	31
3.2 Boletim de Estabilidade.....	31
<b>4 OPERAÇÕES DE LASTRO E ESTABILIDADE INTACTA E EM AVARIA</b> .....	33
4.1 Sistema de Lastro .....	33
4.2 Estabilidade Intacta para unidades semi-submersíveis.....	34

4.2.1 Limite Operacional devido a velocidade do vento .....	35
4.2.2 Extensão de danos para unidades semi-submersíveis.....	35
4.3 Estabilidade em avaria para unidades semi-submersíveis.....	37
4.3.1 Critérios para avaria.....	37
4.3.2 Critério para alagamento .....	38
4.4 Providências em caso de alagamento .....	38
<b>5 ESTUDO DE CASO DO ACIDENTE OCORRIDO NA PLATAFORMA</b>	
<b>PETROBRÁS 36 .....</b>	<b>40</b>
5.1 Características da Plataforma P-36.....	41
5.2 Resumo da Análise do acidente de acordo com ANP e DPC.....	41
5.3 Medidas tomadas pelos supervisores responsáveis pelo controle de lastro e estabilidade.....	43
5.4 Resumo das não conformidades.....	44
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## INTRODUÇÃO

Devido a alta demanda existente na indústria petrolífera, foram desenvolvidas tecnologias inovadoras para atender essa atividade cada vez mais promissora. As plataformas de perfuração semi-submersíveis foram projetadas para atender a necessidade de exploração em águas cada vez mais profundas e longínquas. Para tal finalidade, deve-se atentar as condições operacionais, com segurança e eficiência, já que trata-se de uma atividade dinâmica e complexa. Sendo assim, o planejamento e controle da Estabilidade é importante e imprescindível e deve ser realizado atentando sempre as particularidades de cada operação.

No Capítulo 1, serão demonstrados conceitos de Estabilidade Inicial, consequências de movimentação, adição ou desembarque de pesos, além dos efeitos de superfície livre. Já no capítulo 2, será feita uma descrição desse tipo de Unidade MODU (*Mobile Offshore Drilling Unit*), enfatizando características de construção e formas peculiares.

A partir do capítulo 3, serão demonstrados os procedimentos realizados a bordo, pelo Imediato ou Controlador de Lastro, através do programa de estabilidade e simulações. No capítulo 4, serão abordadas as condições de Estabilidade Intacta e em Avaria, assim como as ações tomadas em cada situação.

Para finalizar, no capítulo 5, haverá uma breve demonstração de como as falhas - sejam humanas ou dos equipamentos - podem trazer graves consequências às pessoas, patrimônio e meio ambiente, através do Estudo de caso da plataforma Petrobrás 36.

# CAPÍTULO 1

## CONCEITOS BÁSICOS DE ESTABILIDADE

### 1.1 Definição de Estabilidade

É a capacidade da embarcação de voltar a posição de equilíbrio original quando inclinada ou perturbada temporariamente por uma força externa (rajada de vento ou ondas), ou atingir uma nova condição de equilíbrio aceitável, quando afetada continuamente (vento constante, mar grosso, movimentações de peso por guindaste, etc).

#### 1.1.1 Tipos de Estabilidade

Tabela 1: Tipos de Estabilidade

ESTABILIDADE	TRANSVERSAL	ESTÁTICA
		DINÂMICA
	LONGITUDINAL	

De acordo com o Código MODU/2009 (*Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units*), parágrafo 4.1.4, considera-se em unidades semi-submersíveis para estabilidade estática inicial, ângulos de banda de até 15 graus. Para grandes inclinações são considerados ângulos de banda maiores de 15 graus.

### 1.2 Pontos Notáveis da Estabilidade

#### 1.2.1 Centro de Gravidade (G)

É o ponto de aplicação das forças gravitacionais da plataforma e de todos os pesos, inclusive o seu próprio peso, que a ela serão adicionados, movimentados ou desembarcados.

A localização do centro de gravidade é movida para cima, quando são adicionados pesos acima do Centro de Gravidade, aliviados pesos elevados ou desembarcados pesos localizados abaixo de G.

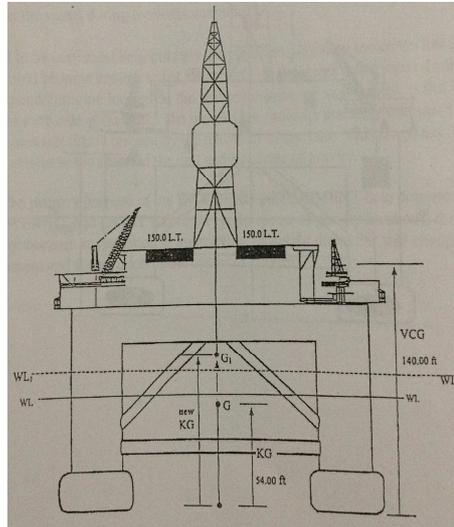


Figura 1: Embarque de um peso acima do Centro de Gravidade.  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

O Centro de Gravidade desloca-se para baixo, quando são adicionados pesos abaixo do Centro Gravidade.

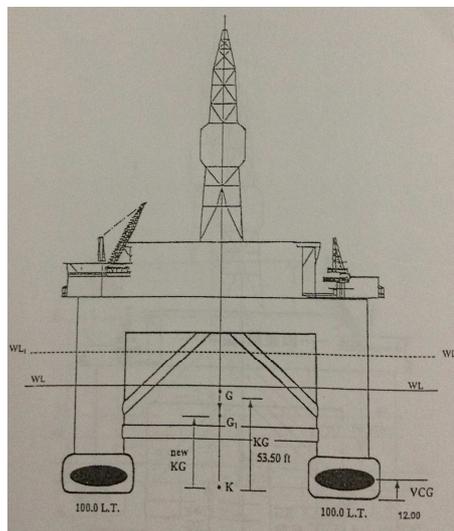


Figura 2: Embarque de um peso abaixo do Centro de Gravidade.  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

O Centro de Gravidade desloca-se para baixo, quando pesos são desembarcados de posições acima do Centro de Gravidade.

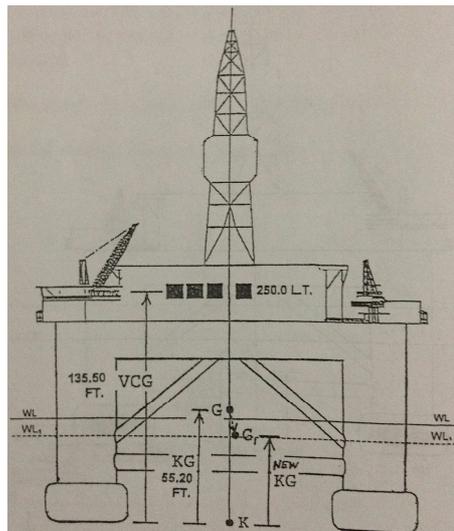


Figura 3: Desembarque de um peso acima do Centro de Gravidade.  
 Fonte: *Martin International Stability Course*.

O Centro de Gravidade move-se para cima, quando são removidos ou desembarcados de uma posição abaixo do mesmo.

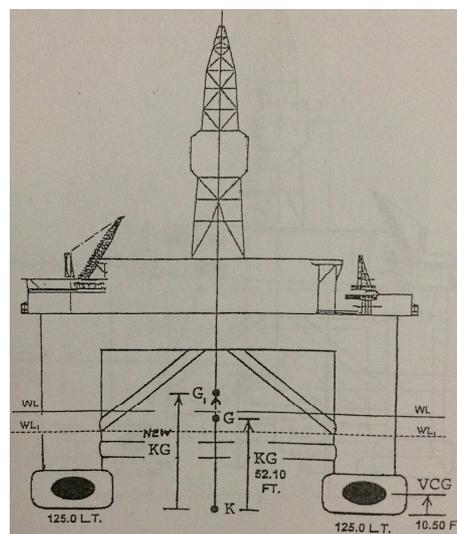


Figura 4: Desembarque de um Peso abaixo do Centro de Gravidade.  
 Fonte: *Martin International Stability Course*.

Finalmente, O Centro de Gravidade paralelamente em direção a um peso que é deslocado de sua posição original.

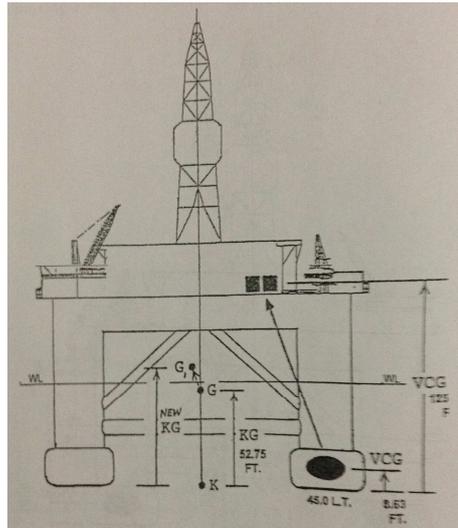


Figura 5: Centro de Gravidade movendo na direção do deslocamento do peso.  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

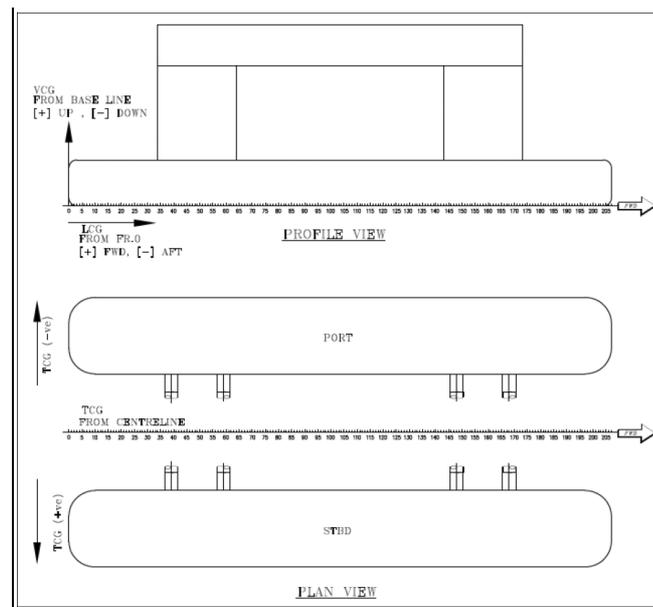


Figura 6: Representação VCG, TCG e LCG.  
Fonte: *Estabilidade em Plataformas Semi-submersíveis*. Sérgio Nogueira

**KG** (Cota do Centro de Gravidade): Distância vertical entre o centro de gravidade da plataforma e a linha de base moldada (K).

**VCG**: Distância vertical entre o centro de gravidade de um peso qualquer e a quilha. Sempre um valor positivo, a partir da quilha.

**TCG**: Distância transversal medida em relação a linha de centro, podendo ser positivo quando para boreste e negativo para bombordo.

**LCG**: Distância horizontal, tendo como origem meio navio, no sentido longitudinal, podendo ser positivo a vante e negativo a ré. Em alguns projetos de semi-submersíveis ou

plataformas jaquetas (*jackups*), essa distância poderá ser medida a partir da primeira caverna da embarcação, não sendo a medição mais usual.

### 1.2.2 Centro de Carena (B)

É o ponto de aplicação da resultante das forças de Empuxo. Está localizado no centro geométrico do volume submerso da plataforma.

Partindo dos mesmos princípios de medição do Centro de Gravidade (G), teremos o (KB), (VCB), (LCB) e (TCB). O valor de (KB) para qualquer deslocamento do navio, é fornecido pelo estaleiro, sendo encontrado no plano ou tabela de curvas hidrostáticas.

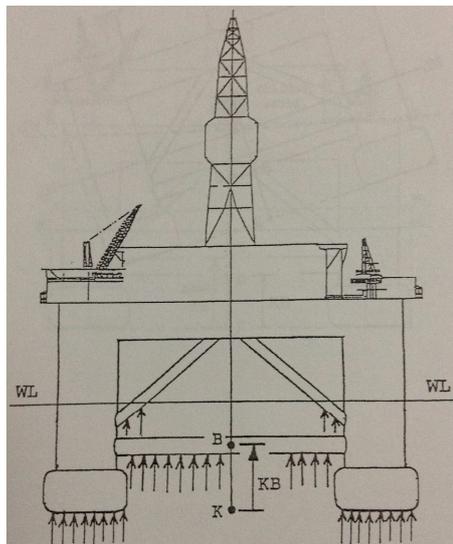


Figura 7: Representação do Centro de Carena (B).  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

### 1.2.3 Metacentro (M)

Pode-se definir Metacentro como sendo o ponto de encontro de dois raios de uma arco infinitamente pequeno na curva gerada pelas sucessivas mudanças no centro de carena (B). Esta definição está de acordo com o livro *Arte Naval*, parágrafo 2.2.9.

A definição de Metacentro é importante pois (M) é o ponto máximo o qual pode ser atingido o centro de gravidade (G) para que a plataforma tenha equilíbrio estável (estabilidade positiva).

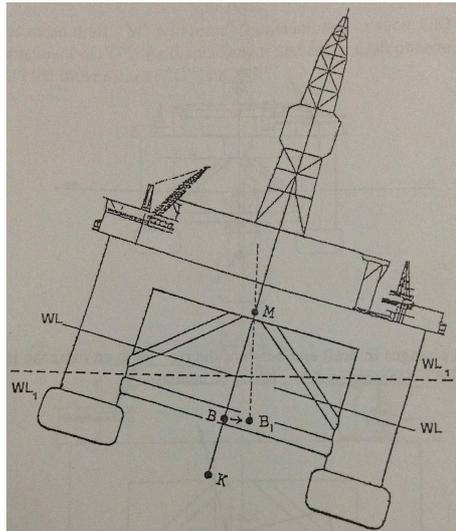


Figura 8: Representação Metacentro (M).  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

#### 1.2.4 Braço de Estabilidade (GZ)

Ocorre o chamado Braço de Estabilidade (GZ) quando, ao ser adernada a plataforma, há o deslocamento do Centro de Gravidade (G) e Centro de Carena (B) para novas posições. A menor distância entre os dois eixos formados, chama-se braço de estabilidade.

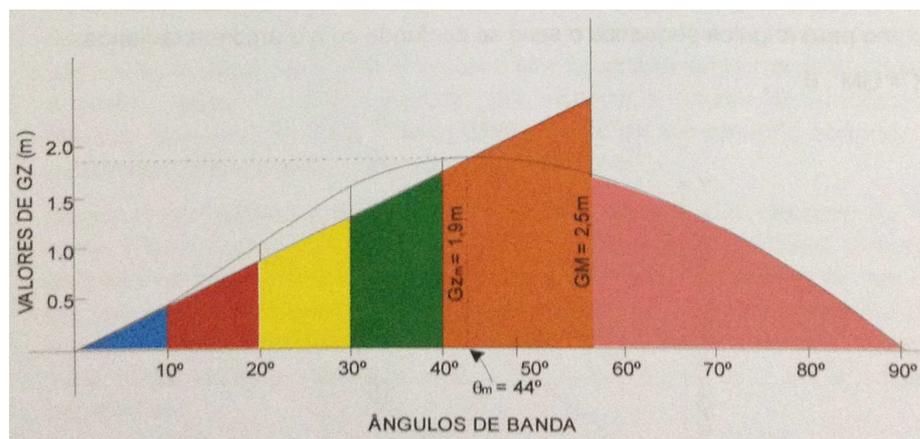


Figura 9: Representação do Braço de Estabilidade (GZ).  
Fonte: *Estabilidade para Embarcações Mercantes – CLC Sidnei Esteves Pereira*.

Chama-se braço de Adriçamento quando tem valor positivo e Braço de Emborcamento quando o valor é negativo.

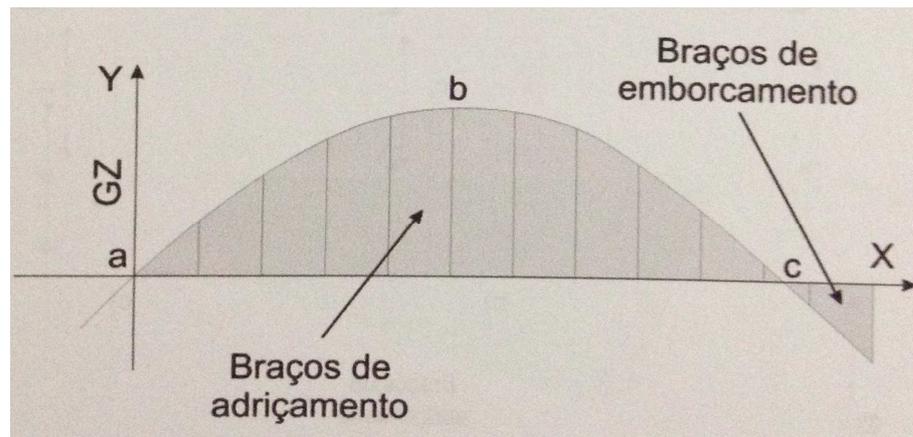


Figura 10: Braço de Adriçamento e Braço de Emborcamento.  
 Fonte: Estabilidade para Embarcações Mercantes – CLC Sidnei Esteves Pereira.

### 1.2.5 Momento de Estabilidade (ME)

É a medida da capacidade da unidade voltar à sua posição inicial de equilíbrio, após cessada a força que dela o retirou.

Chama-se Momento de Adriçamento, quando tende a trazer a embarcação à posição adriçada. O (GZ) neste caso é positivo (braço de adriçamento).

É chamado de Momento de Emborcamento quando o (GZ) é negativo (Braço de Emborcamento), tendendo a adernar a embarcação ainda mais.

Calcula-se o momento de estabilidade utilizando a formula  $ME = \Delta \times GZ$ .

## 1.3 Estados de Equilíbrio

### 1.3.1 Equilíbrio Estável

Indica que a plataforma tem a tendência de corrigir-se quando inclinada por uma força externa. Nesta condição, o valor GM (altura metacêntrica) tem o valor positivo.

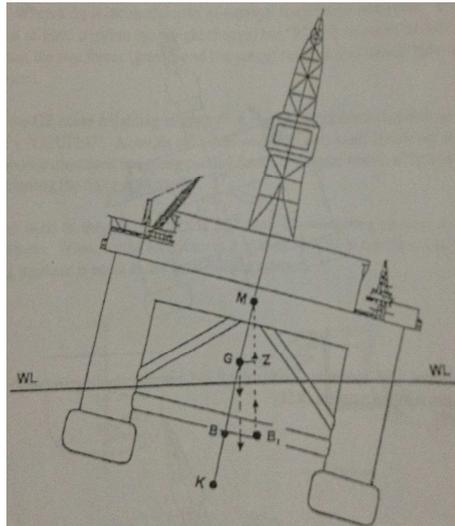


Figura 11: Representação de Equilíbrio Estável.  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

### 1.3.2 Equilíbrio Indiferente ou Neutro

Quando a plataforma está inclinada, não haverá a tendência de voltar para a posição inicial, a não ser que sejam compensados os pesos (lastro, por exemplo) ou que cessem as condições externas causadoras dessa inclinação. Nesta condição,  $(GM)$  é igual a zero.

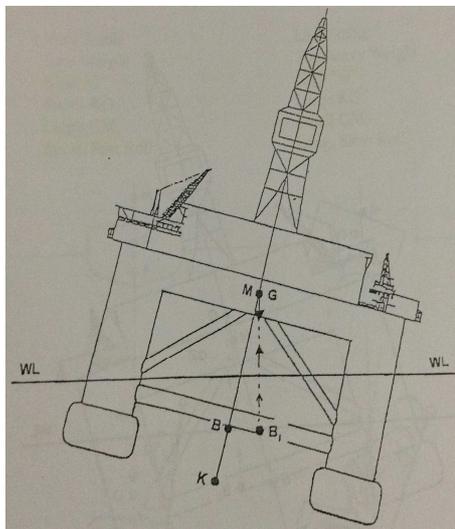


Figura 12: Representação de Equilíbrio Indiferente.  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

### 1.3.3 Equilíbrio Instável

A plataforma, quando sofre influências de forças externas e consequente inclinação, terá a possibilidade de aumentar esse ângulo e não há tendência de endireitamento. Essa condição ocorre quando o valor da altura metacêntrica ( $GM$ ) é negativo.

Importante ressaltar que para a correção dessa condição insatisfatória de estabilidade, medidas devem ser tomadas pelo Operador de lastro, Imediato ou Comandante. Serão consideradas operações de lastro, deslastro e remoção de fluidos da plataforma, como lama e parafina. Alguns pesos significativos como *risers* e tubos de perfuração devem ser alojados e peados de acordo com o plano da unidade, em áreas reservadas para tal finalidade.

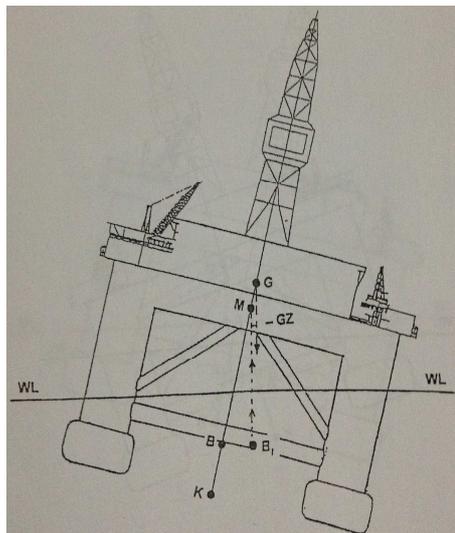


Figura 13: Representação de Equilíbrio Instável.  
Fonte: *Martin International Stability Course*.

### 1.4 Deslocamento leve (*lightship*)

Inclui o peso de todas as estruturas fixas, os equipamentos de perfuração e equipamentos permanentes na embarcação. A água de lastro, cargas variáveis, equipamentos adquiridos e tensão de amarração não estão incluídos no peso leve do navio.

De acordo com o Código MODU, parágrafo 3.1.4, o levantamento dos pesos a bordo deverá ser realizado em intervalos não superiores a 5 anos. Se for indicada diferença

maior que 1% em relação aos dados originais, um novo teste de inclinação deverá ser realizado.

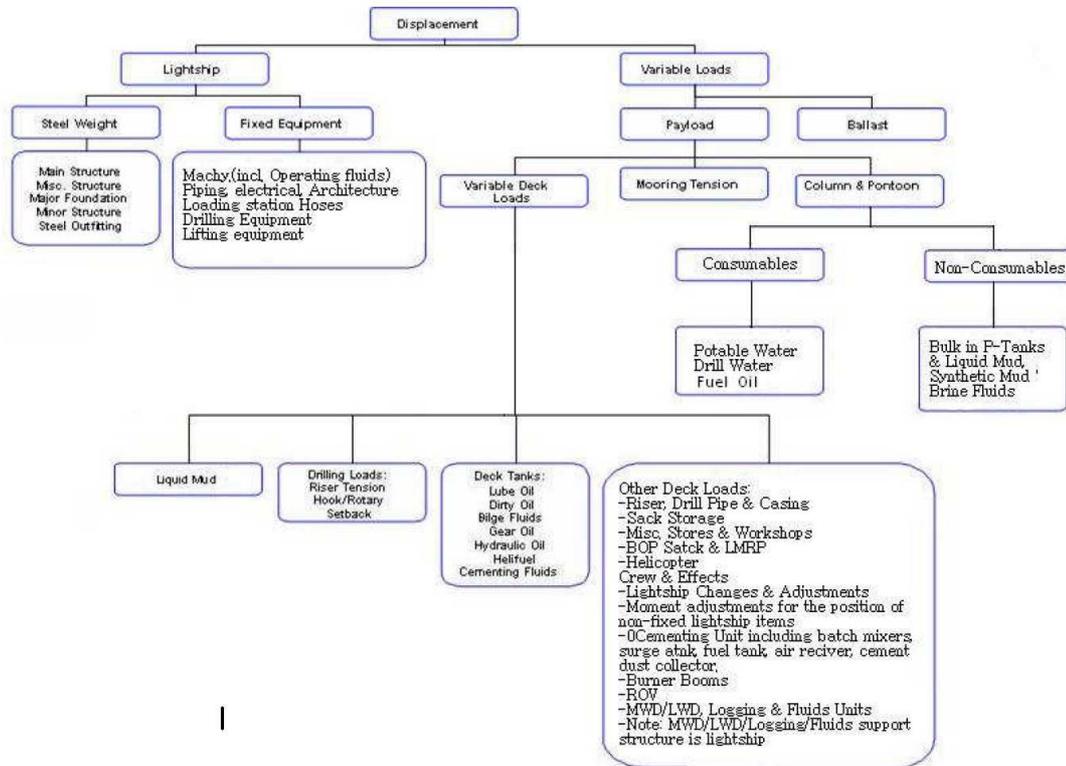


Figura 14: Exemplo de Deslocamento de uma plataforma.  
Fonte: Manual de Operações SS-83.

### 1.4.1 Teste de Inclinação

Antes da plataforma ser aprovada para operação, deverão ser realizados vários testes de estabilidade, que consiste no movimento, adição e subtração de pesos consideráveis. São realizadas análises dos ângulos de banda e valores de trim produzidos. Esse teste é sempre feito antes da prova de mar, em águas calmas e sem influência de forças externas consideráveis durante toda a movimentação. O objetivo do teste é determinar o deslocamento leve e a localização do Centro de gravidade, nessa condição de operação inicial.

### 1.5 Superfície Livre

É considerado um dos efeitos mais importantes a ser levado em consideração na hora de efetuarmos o carregamento de plataformas e embarcações em geral. A superfície livre, em



## CAPÍTULO 2

### PLATAFORMAS SEMI-SUBMERSÍVEIS

As Plataformas semi-submersíveis são estruturas flutuantes utilizadas na prospecção e exploração do petróleo em águas profundas. Para tal finalidade, possuem algumas particularidades. Apresentam a geometria composta basicamente por elementos horizontais denominados submarinos (*pontoons*), por elementos verticais que cruzam a superfície livre (colunas) e convés principal. Tal geometria é eficaz para manter reduzidas as oscilações, denominados arfagem (*heave*), caturro (*pitch*) e balanço (*roll*), bem como para prover flutuação e estabilidade estática.

Os submarinos (*pontoons*) compreendem os tanques de lastro de água, tanques de água de perfuração, tanques de água potável, tanques de óleo combustível, tanques de lama sintética, tanque de salmoura (*brine*), compartimentos de propulsores, salas de bombas e compartimentos de amarras (*chain lockers*).

Os tanques nas colunas são designados para o lastro, consumíveis, fluidos (lama) e granéis (baritina, bentonita e cimento).

O convés principal, que forma a parte superior do casco superior, consiste de uma estrutura de pavimento do tipo quadrado, que é uma parte que contribui estruturalmente na estabilidade da semi-submersível, assim como também deve suportar o chamado convés de perfuração (*drillfloor*) ou planta de produção.

É uma embarcação projetada e construída para atender a um conjunto específico de condições operacionais. Além da área reservada para as atividades de perfuração (ou produção), também possui a capacidade de suportar a tensão dos risers e do *hookload* (tensão gerada pela descida de colunas e revestimentos).

As principais influências externas que podem atuar sobre uma plataforma semi-submersíveis são vento, correntes, descarga dos propulsores (unidade que possua posicionamento dinâmico) e cargas de reboque.

As correntes marinhas, particularmente fortes na Bacia de Santos, vão incidir sobre a superfície exposta molhada da unidade (obras vivas) impondo uma força horizontal e

tendendo a deslocá-la. O mesmo acontece com as cargas de reboque que são aplicadas em pontos de fixação no topo dos *pontoons*.

Já as plataformas semi-submersíveis de posicionamento dinâmico (DP) possuem propulsores abaixo dos *pontoons*, que podem gerar empuxo considerável e consequente momento de emborcamento. Porém, como existe uma boa margem de controle e de previsibilidade na ação do sistema DP estas situações não são consideradas críticas à estabilidade.

O vento é a ação externa crítica, principalmente por agir na parte emersa da plataforma. A pressão do vento sobre a parte emersa das colunas, costado do convés, superestrutura e equipamentos no convés (planta produção, torre de perfuração, etc.) resulta em uma força atuando no centro do conjunto destas áreas.

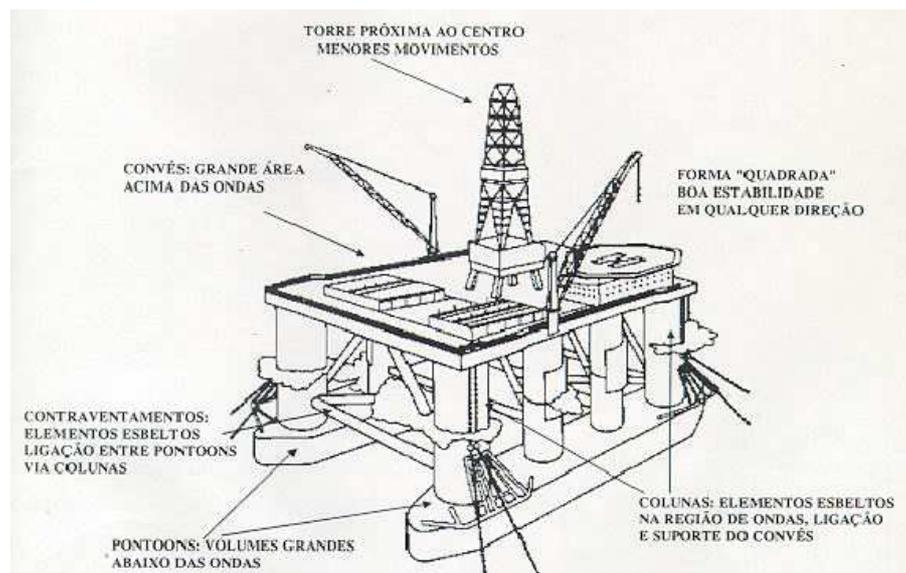


Figura 16: Exemplo de Plataforma Semi-submersível.

Fonte: Estabilidade de Plataformas semi-submersíveis, Teoria e controle de emergências.

## 2.1 Modos de Operação ou Calados de Operação

Foi definido no Código MODU (Código para Construção e Equipamento de Unidades Móveis de Perfuração Marítima), parágrafo 1.3.41, os principais modos de operação para as plataformas semi-submersíveis. Cada modo de operação assume que a Embarcação estará em um determinado calado ou dentro de uma variação de calados.

### 2.1.1 Calado de Operação (*operational draft*)

Neste modo de operação, são determinados os calados mínimos e máximos para a operação normal da plataforma, normalmente em perfuração sobre o poço. Há uma margem aceitável dos valores do calado e devem ser corrigidos banda e trim de acordo com o tipo de operação envolvida.

### 2.1.2 Calado de Trânsito ou Navegação (*transit draft*)

O calado de trânsito pode ser determinado para uma navegação de longa duração ou para deslocamento entre poços (*rig move*).

Para a navegação em calado de trânsito, medidas devem ser realizadas para a preparação da viagem. Além do deslastro parcial da unidade, será necessário o desembarque de cargas não essenciais, a fim de reduzir o peso total de carga no convés principal (*VDL – variable deck load*), de modo que quantidades apropriadas de água potável, óleo combustível e outros itens estejam garantidas.

Todos os equipamentos do convés principal e convés de perfuração (*drillfloor*) deverão estar apropriadamente peados e todos os equipamentos móveis devem ser guardados quando não estiverem em uso

As condições meteorológicas deverão estar dentro dos limites definidos no Manual de Operação. Os cálculos de estabilidade devem ser realizados e todos os critérios aplicáveis deverão ser atendidos. Deverá ser reduzido ao máximo qualquer superfície livre nos tanques de lastro e consumíveis. Se as condições meteorológicas tornarem-se adversas durante a navegação, ultrapassando os limites máximos aplicáveis ao calado de trânsito, o Comandante deverá decidir por lastrar a unidade e realizar a navegação em calado de sobrevivência.

Tabela 2: Condições Meteorológicas para Calado de Navegação

Altura máxima ondas (m)	5.6
Altura significativa de ondas (m)	3.0
Período (s)	7.5
Velocidade do vento (kt)	36
Corrente de Superfície (m/s)	N/A

Fonte: Manual de Operações SS-83.

### **2.1.3 Calado de Sobrevivência (*survival draft*)**

Quando as condições meteorológicas ultrapassarem os limites aceitáveis da operação que estiver sendo realizada, de acordo com o projeto da unidade semi-submersível, poderá ser alterado o modo de operação para o calado de sobrevivência.

A decisão para alterar o modo de operação para sobrevivência será feita pelo Comandante. Todas as operações deverão ser interrompidas, sejam elas perfuração, teste de poço ou navegação. O importante em adversidades ambientais, é não colocar em risco a vida dos tripulantes, meio ambiente e propriedade.

Para assegurar que a plataforma operará em segurança e dentro das margens de estabilidade, de acordo com o calado operacional estabelecido, além das condições meteorológicas, são analisados os valores máximos permitidos de (KG), já corrigidos de efeitos de superfície livre. Os valores são definidos pelas convenções e entidades reguladoras: Código MODU (Código para Construção e Equipamento de Unidades Móveis de Perfuração Marítima, Convenção Internacional das Linhas de Carga (*International Convention of Load Lines*) e Regras Específicas da Sociedade Classificadora.

## **2.2 Limitações estruturais**

Também deverá ser analisada a Pressão Admissível suportada em cada local de cada piso ou convés, medido em  $t/m^2$  (tonelada por metro quadrado). Consta de um plano, com a representação dos conveses e pisos e a pressão admissível em um desses locais.

Exemplo: Alpha Star (SS-83) possui um limite máximo de 500 toneladas em áreas reforçadas (para tubos e risers).

## CAPÍTULO 3

### PROGRAMA DE CARREGAMENTO COMPUTADORIZADO

Um computador com o programa (*software*) de cálculo de estabilidade, localizado na ponte de navegação ou no controle de lastro (caso os compartimentos sejam separados) será utilizado pelo Comandante, Imediato ou Controlador de Lastro como uma ferramenta no controle de Estabilidade. Sob nenhuma circunstância, poderá ser usado como o único meio de determinar a Estabilidade da embarcação. O Comandante é responsável por determinar a validade das informações fornecidas por esse *software*. Deverão ser feitos cálculos manuais a fim de comparar os resultados. Todos os usuários devem ter lido e entendido o manual de instruções fornecido pelo fabricante do programa de estabilidade.

O computador de carregamento poderá determinar as seguintes informações:

- a) O deslocamento e os centros de gravidade para a embarcação sob várias condições de carga.
- b) Uma lista detalhada dos vários componentes das cargas da embarcação.
- c) O peso, centro de gravidade e momento de inércia para cada tanque na embarcação, com base nos sensores ou sondagens manuais, incorporando os efeitos de trim e adernamento. Sensores estão localizados na maioria dos tanques para enviar diretamente informações de sondagem do tanque para o software. Outros sensores são utilizados para determinar que a informação de sondagem obtida dos sensores seja corrigida para o trim e inclinação atuais.
- d) O trim, calados nas diversas marcas e médio.
- e) Estabilidade transversal e ângulo de banda.
- f) Uma comparação com o (KG) corrigido do efeito de superfície livre da embarcação com o (KG) aprovado Máximo Admissível para condições de Trânsito, Operação e sobrevivência.

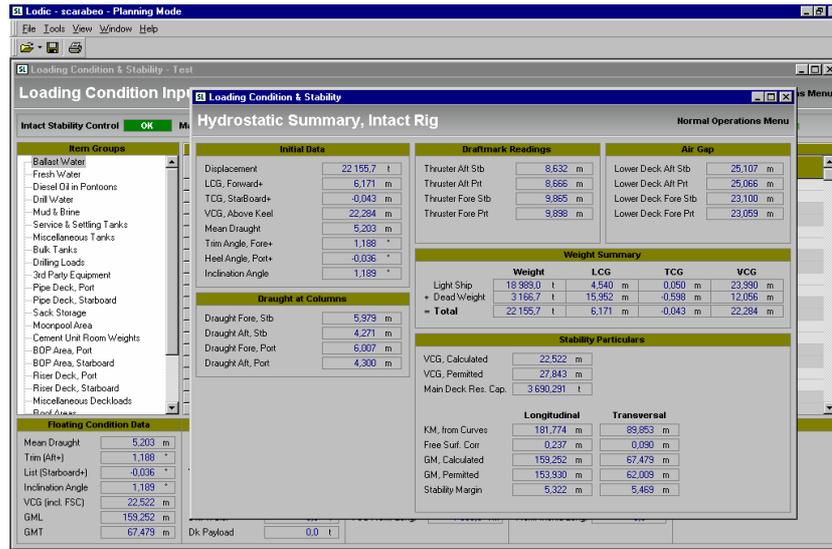


Figura 17: Tela de um Programa de Estabilidade.  
Fonte: Manual LODIC da Plataforma SS-83.

### 3.1 Simulação de Lastro

O computador de carregamento pode ser uma ferramenta muito útil para ajudar a determinar os efeitos de cenários de carregamento simulados ou planejados. Os efeitos de ajuste das cargas variáveis da embarcação podem ser determinados antes que possíveis mudanças sejam consideradas perigosas à estabilidade. Verificação dos resultados da condição de carregamento devem ser realizadas periodicamente, em comparação com os cálculos manuais independentes, realizados como método de comparação dos resultados.

O Operador pode simular condições desejáveis, para mudanças de operações e condições de operação (trânsito, sobrevivência e operação normal). Poderá também simular se será possível o recebimento de granéis, lama, combustíveis e demais pesos adicionais. Além disso, realizar a correta distribuição de cargas dos pesos consideráveis no convés, como *risers*, tubos e demais equipamentos utilizados na perfuração.

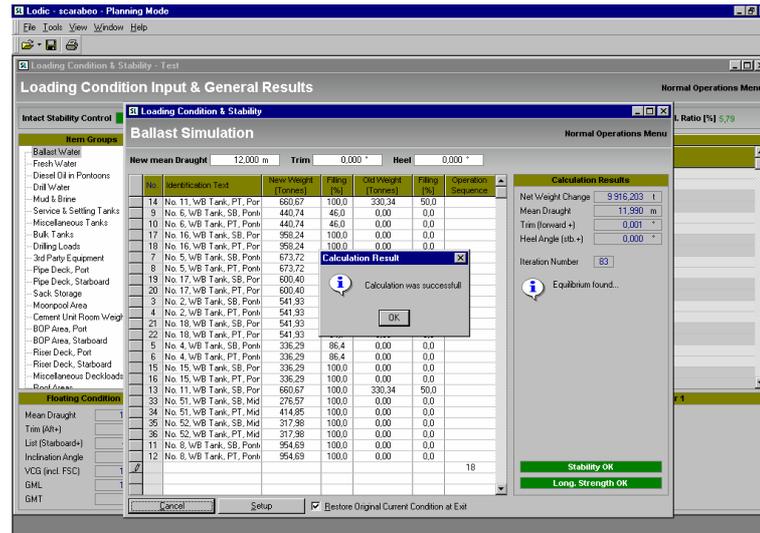


Figura 18: Simulação de Lastro no Calculador de Estabilidade  
Fonte: Manual LODIC da Plataforma SS-83

### 3.1.1 Operações de Resposta a Emergências

Uma função importante do computador calculador de estabilidade inclui simulação de avaria em tanque de coluna e *pontoon*, mostrando os cálculos de estabilidade correspondentes.

De um modo geral, as operações ocorridas durante avarias serão semelhantes ao cálculo na condição de estabilidade intacta regular. A diferença será que um dano específico é definido pela seleção de compartimentos avariados, em caso de água aberta. Se a avaria é interna, os tanques em questão serão combinados para formar um volume comum.

### 3.2 Boletim de Estabilidade

O Boletim de Estabilidade é um documento oficial de verificação e registro dos parâmetros associados à Estabilidade da plataforma, devendo ser preenchido diariamente, ou sempre que houver necessidade de analisar uma distribuição de pesos e cargas, que possa incorrer na violação de algum dos critérios de Estabilidade.

O Imediato e o Controlador de Lastro são os responsáveis pela distribuição da carga (*deck survey*) e pelo preenchimento do Boletim. Algumas das informações que constam no Boletim estão descritas a seguir:

- a) Somatório dos pesos e cargas, cálculo da posição do (CG) da unidade, Deslocamento ( $\Delta$ ), LCG, TCG, VCG e KG.
- b) Registro dos tanques com superfície livre e a correção de superfície livre total.
- c) Calado Médio da Unidade.
- d) Tensões das amarras a intervalos regulares (em se tratando de uma unidade semi-submersível fixa)
- e) Condições ambientais como vento, ondas, *swell*.
- f) Movimentos da plataforma (*roll, pitch e heave*).
- g) Estoque dos consumíveis e consumo diário de combustíveis, água potável e granéis sólidos.

## CAPÍTULO 4

# OPERAÇÕES DE LASTRO EM SITUAÇÕES DE ESTABILIDADE INTACTA E EM AVARIA

Neste capítulo serão mostradas as características do sistema de lastro de uma unidade semi-submersível, condições de estabilidade intacta e em avaria, assim como procedimentos em caso de situações de emergência.

### 4.1 Sistema de Lastro

Algumas regras específicas para Unidades Semi-submersíveis estão previstas no Código MODU (Código para Construção e Equipamento de Unidades Móveis de Perfuração Marítima). As unidades devem apresentar um sistema lastro e deslastro eficiente, para mudanças de calado em condições de trânsito normal, operação e sobrevivência.

As bombas de lastro são localizadas nas salas de bombas nos *poontoons* e, são utilizadas para lastro e deslastro do navio. As bombas deverão prover sucção da água desde as caixas de mar diretamente para os tanques de lastro e, o contrário para realizar o deslastro dos tanques.

O sistema de lastro deve ser capaz de modificar o calado da unidade, estando em uma condição de estabilidade intacta, desde o calado máximo de operação normal até a condição de sobrevivência, em um tempo máximo de três horas.

As plataformas devem dispor de pelo menos duas bombas independentes, por coluna, de modo que o sistema permaneça operacional em caso de falha de uma das bombas. Uma dessas bombas deverá estar em condições de acionamento através do Diesel Gerador de Emergência, para ser usada em situação de perda de energia (*blackout*).

Poderão ser utilizadas válvulas de interligação entre as colunas, assim como válvulas que conectam o sistema de lastro às bombas de esgoto. Eventualmente, bombas de esgoto poderão ser usada para lastro em situações de emergência.

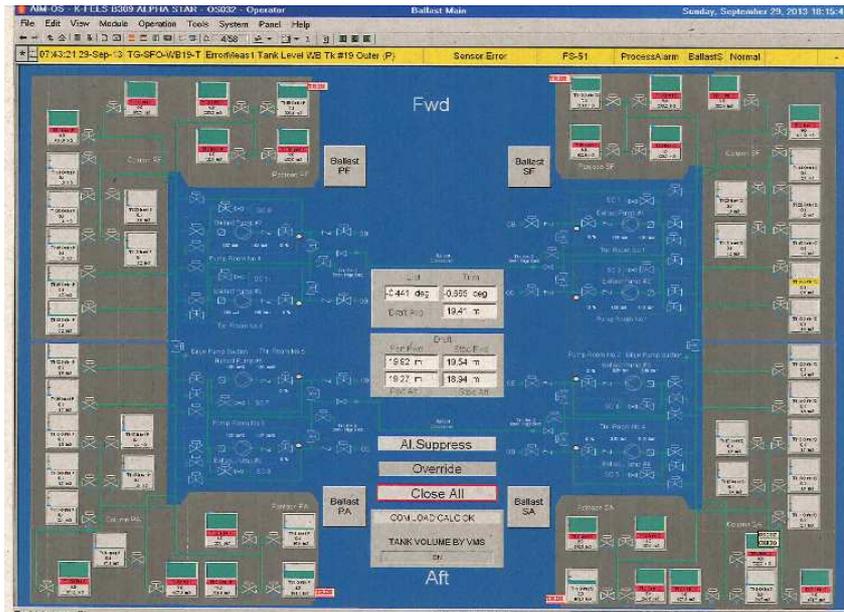


Figura 19: Sistema de Lastro da Plataforma SS-83  
 Fonte: Impressão da Tela do Sistema Operador de Lastro (K-Chief)

## 4.2 Estabilidade Intacta para Unidades Semi-submersíveis

A análise da Estabilidade da Embarcação está sujeita a requisitos legais ou estatutários, que são impostos pelos órgãos reguladores (IMO e Sociedade Classificadora). Os requisitos de Estabilidade incluem uma Curva que representa os valores do chamado “KG admissível”). Essa curva indica de uma maneira gráfica os valores de (KG) comparados com os valores de diversos calados.

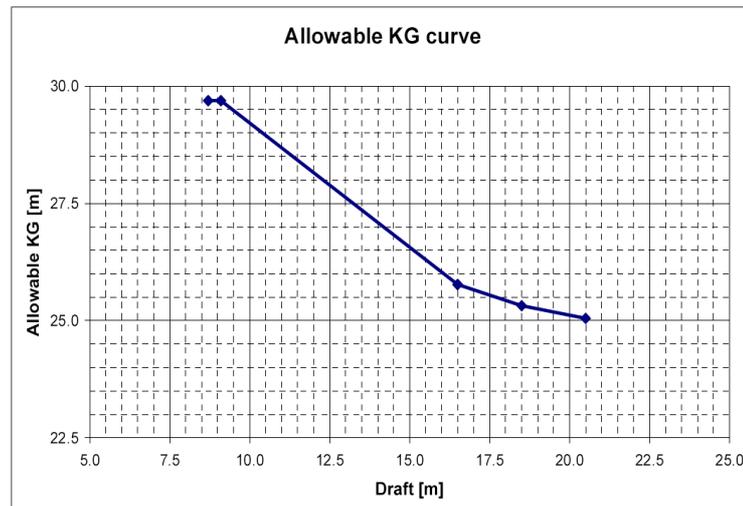


Figura 20: Curva de KG Máximo Admissível.  
 Fonte: Estabilidade de Plataformas semi-submersíveis, Teoria e controle de emergências.

Durante o lastro ou deslastro, enquanto a plataforma estiver passando por calados intermediários, é importante manter a altura metacêntrica (GM) positiva, em qualquer condição.

É importante que o responsável pela Estabilidade a bordo faça simulações antes de passar pela região de calados críticos, para garantir que o (GM) estará acima do valor mínimo aceitável.

As Sociedades Classificadoras utilizam critérios de valores de (GM) diferentes. A classificadora DNV (*Det Norske Veritas*), por exemplo, determina que em condições permanentes de operação, a altura metacêntrica (GM) mínima é de 1,0 metro. A mesma Sociedade Classificadora, estabelece que em condições de mudanças de calado (condição temporária) o valor de GM não seja, menor que 0,3 metros.

#### **4.2.1 Limite operacional devido a velocidade do vento**

O primeiro critério considerado é a velocidade do vento, de acordo com parágrafo 3.2.4 do Código MODU (Código para Construção e Equipamento de Unidades Móveis de Perfuração Marítima). Importante ressaltar que é considerada a direção mais desfavorável do vento para os critérios. Sendo assim:

- a) Plataforma em operação normal: deve suportar ventos  $\leq 70$  nós.
- b) Plataforma em condição de sobrevivência: deve suportar ventos entre 70 e 100 nós (tempestade).
- c) Operação restrita: Considera apenas um modo de operação, com ventos máximos de no máximo 50 nós em qualquer modo de operação.

#### **4.2.2 Extensão de danos para Unidades Semi-submersíveis (parágrafo 3.5.1 MODU).**

Na avaliação da Estabilidade de unidades semi-submersíveis, os seguintes critérios serão assumidos:

a) Somente as colunas, *poontoons* e *bracings* (túneis que interligam os submarinos) da unidade devem ser assumidas como em situação de avaria, quando ocorrer na parte exposta desses elementos estruturais.

b) Colunas e *bracings* devem ser assumidos como avariados, tendo uma extensão vertical de 3 metros, ocorrendo entre 5 metros acima e 3 metros abaixo dos calados especificados no Manual de Operações da Unidade. Se houver separação estanque nessa região, a avaria deve ser assumida como ocorrendo em ambos os compartimentos.

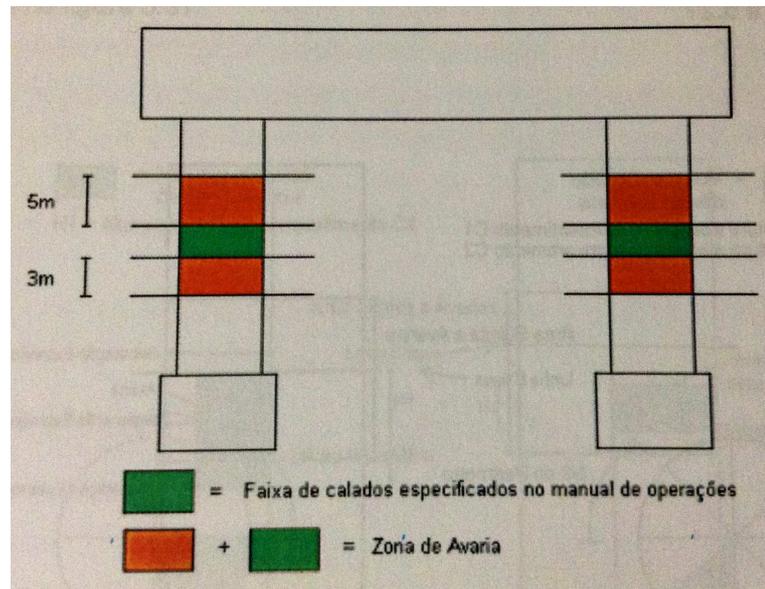


Figura 21: Faixa de Calados no Manual de Operações e Zona de Avaria.  
Fonte: Apostila do Instituto de Ciências Náuticas

c) Penetração horizontal dos danos deve ser assumida como sendo 1,5 metros.

d) Nenhuma divisão vertical deve ser assumida avariada, exceto quando seu espaçamento for menor que um oitavo do perímetro da coluna no calado considerado, medido no perímetro exterior.

e) Qualquer duto ou passagem localizada dentro da região de avaria deve ser considerado avariado e os compartimentos a ele ligados devem ser considerados alagados, a menos que um meio de fechamento adequado seja utilizado.

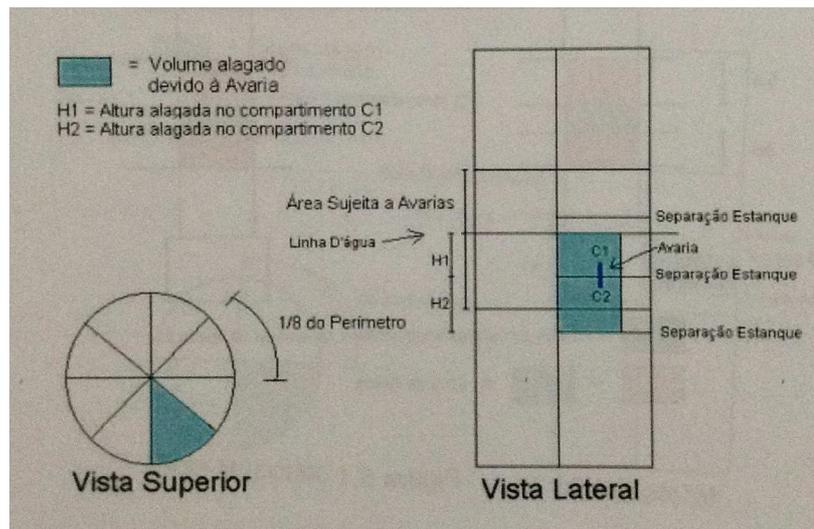


Figura 22: Delimitação das Áreas sujeitas a Avarias  
 Fonte: Apostila do Instituto de Ciências Náuticas

### 4.3 Estabilidade em Avaria para Unidades Semi-submersíveis:

Existem regras diferenciadas para Estabilidade em casos de Avaria e de Alagamento. A avaria ocorre geralmente na região da linha d'água, como consequência de uma colisão, por exemplo. Já o alagamento, ocorre em qualquer compartimento adjacente à água ou que passe alguma tubulação.

#### 4.3.1 Critérios para Avaria (Código MODU, parágrafo 3.4.3)

Após a avaria ser ocasionada (mau tempo, colisão, etc), os critérios a seguir são especificados.

a) A banda ocasionada após a avaria, definida pela extensão dos danos, não deve ser maior que 17 graus.

b) Qualquer abertura abaixo da linha d'água deve ser estanque a água (*watertight*) e aberturas no espaço de 4 metros acima da linha d'água devem ser estanques ao tempo (*weathertight*).

c) A curva de Momento de Emborcamento deverá ter uma faixa de no mínimo 7 graus. A curva de Momento de Adriçamento deverá ter um valor de no mínimo duas vezes o Momento de Emborcamento, para o mesmo ângulo.

#### **4.3.2 Critérios para Alagamento (Código MODU parágrafo 3.4.4)**

A unidade deve fornecer fluvariabilidade e estabilidade suficientes em qualquer condição de operação, para suportar o alagamento de qualquer compartimento estanque, total ou parcialmente abaixo da linha de água, como salas de bombas, salas dos propulsores ou qualquer compartimento adjacente ao mar, tendo as seguintes considerações:

- a) A banda após o alagamento depois do alagamento não deve ser superior a 25 graus.
- b) Qualquer abertura abaixo da linha d'água final deve ser estanque.
- c) Após a avaria, a plataforma deverá ter uma faixa de estabilidade positiva, de pelo menos 7 graus.

#### **4.4 Providências em caso de Alagamento**

O Comandante ou OIM (Gerente *Offshore*) deverão comunicar à fiscalização a bordo, aos responsáveis em terra (incluindo os grupos de apoio à contingências) e plataformas próximas. A comunicação deverá conter a situação atual dos danos, as providências a serem tomadas e deverá ser feita a requisição do apoio de um rebocador em sobre aviso.

Se a origem ou a extensão do alagamento for desconhecida efetuar imediatamente, a partir da coluna que estiver avariada, as seguintes providências:

- a) Fechar todas as válvulas de caixa de mar.
- b) Fechar todas as passagens para tornar os compartimentos estanques: ventilações (*dampers*), portas estanques, etc.
- c) Limitar ou retardar o alagamento, fechando válvulas de passagem e suspiros dos compartimentos alagados.
- d) Deverá ser feita a compensação de trim e banda, se possível com o deslastro dos tanques, o mais próximo possível da região alagada, afim de não aumentar o calado. Em último caso, lastrar tanques diametralmente opostos à região alagada.
- e) Verificar e promover a estanqueidade dos compartimentos obrigatoriamente estanques, a partir dos compartimentos mais próximos à região alagada.

f) Acionar o gerador de emergência (caso este não tenha entrado automaticamente), a fim de utilizar as bombas de lastro para efetuar lastro e deslastro em emergência

g) Monitorar e verificar continuamente as tensões das Amarras (plataformas fixas) ou o Sistema de Posicionamento Dinâmico (plataformas DP). Caso seja necessário, realizar a desconexão do poço.

h) Monitorar condições ambientais.

i) Acompanhar as condições de Estabilidade e superfície livre total.

j) Se possível, inspecionar os tanques adjacentes ao tanque avariado, a fim de avaliar possíveis danos estruturais.

Após a plataforma ter sido adriçada, analisar a possibilidade de inspecionar ou reparar a avaria, expondo-a através de mudança de calado, trim e banda;

Quaisquer processos adicionais, mesmo que possam vir a retardar as operações da plataforma, mas que contribuam para manter a estabilidade da Embarcação e o conforto da tripulação, devem ser utilizados.

Uma grande banda da plataforma deverá sempre ser evitada. Uma embarcação pode suportar um aumento considerável no calado quando adriçado, mesmo para além calado máximo operacional. No entanto, mesmo os pequenos ângulos de banda podem provocar inundação progressiva e perda definitiva da plataforma.

Importante ressaltar que iniciar as operações de lastro pelo bordo oposto à banda é errado e extremamente perigoso à Estabilidade e Segurança.

## CAPÍTULO 5

### ESTUDO DE CASO DO ACIDENTE OCORRIDO NA PLATAFORMA PETROBRÁS 36

A fim de realçar a importância do conteúdo apresentado nos capítulos anteriores, será apresentado um breve estudo de caso do acidente ocorrido com a Plataforma semi-submersível P-36. Este estudo é baseado na análise do acidente, realizada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) e Diretoria de Portos e Costa (DPC) da Marinha do Brasil. Assim, foi constituída uma comissão conjunta de investigação ANP e DPC, conforme Portaria Conjunta número 1, de 29 de março de 2001, modificada pelas Portaria número 2, de 27 de abril de 2001 e Portaria número 3, de 31 de maio de 2001.

Esta análise do acidente aponta para uma série de fatores que, somados, foram determinantes para a perda total da Unidade. Uma descrição resumida do acidente, desde sua fase inicial, é importante para que sejam demonstradas e compreendidas as ações tomadas pelos Supervisores e Controladores de Lastro, responsáveis pela estabilidade da unidade. Reforça-se que o acidente se deu por um conjunto de fatores que, somados, resultaram na perda da unidade. As abordagens principais nesta análise serão das manobras de lastro e controle de Estabilidade, por ser o tema do estudo deste trabalho.



Figura 23: Plataforma Petrobrás 36  
Fonte: Relatório de Investigação ANP e DPC

## 5.1 Características da Plataforma Petrobras 36

A plataforma de produção P-36 encontrava-se instalada no Campo de Roncador, na Bacia de Campos. Esse campo se estende por uma área de 111 km<sup>2</sup> e possui lâmina d'água de 1900 metros.

Tabela 3: Características da Plataforma P-36

NOME	“PETROBRÁS 36
Bandeira	Itália
Indicativo Internacional	ICOL
Nome do Armador	PETROBRAS
Ano da Construção	1994
Sociedade Classificadora	RINA e ABS
Porto de Registro	Itália
Porto de Inscrição	Macaé – Rio de Janeiro
Comprimento Total	112,76 m
Largura	77 m
Arqueação Bruta	34.481
Altura	120 m
Peso Bruto	34.600

## 5.2 Resumo da Análise do acidente de acordo com ANP e DPC

A análise das causas mais prováveis do acidente permite identificar como o evento crítico, a operação de esgotamento de água do tanque de drenagem de emergência da coluna de popa bombordo, iniciada na noite do dia 14 de março de 2001. A água contaminada com resíduos oleosos, presente no tanque, seria bombeada para o *manifold* de produção da plataforma, que recebe o fluxo de petróleo e gás natural proveniente dos poços produtores.

Entretanto, a bomba de esgotamento desse tanque não partiu, permitindo que houvesse fluxo reverso de óleo e gás pelas linhas dos tanques e, sua consequente entrada no outro

tanque (popa boreste), através de uma válvula danificada. A posterior partida da bomba, fez diminuir o fluxo reverso de hidrocarbonetos e a água bombeada passou a entrar no tanque de popa boreste. A pressurização contínua deste tanque levou ao seu rompimento mecânico, cerca de duas horas após o início da operação de esgotamento do outro tanque, caracterizando o evento relatado como sendo a primeira explosão.

Os fluidos do tanque rompido e as linhas dos demais equipamentos, também danificados, passaram a ocupar o compartimento do quarto nível da coluna. Houve escapamento de gás para os conveses superiores através de aberturas nesse compartimento e por linhas de suspiro e ventilação rompidas. Cerca de 20 minutos após o rompimento do tanque, houve a explosão do gás. Estava, assim, caracterizado o evento relatado como a ocorrência da segunda explosão.

A ruptura do tanque de drenagem de emergência de popa boreste, seguido imediatamente pelo rompimento da linha de água salgada, iniciou o alagamento da coluna. O alagamento da parte inferior da coluna se deu quando a água atingiu os *dampers* do sistema de ventilação, que deveriam fechar automaticamente. Porém, seus atuadores falharam e permitiram a passagem de fluidos.

A quantidade de líquido no interior da coluna e, em parte do flutuador, provocou o adernamento da plataforma, que foi intensificado com o avanço da água para o tanque de lastro da coluna de popa boreste. Esses espaços foram inundados porque as elipses de acesso aos mesmos haviam sido deixadas abertas, desde o dia anterior ao acidente, para possibilitar a inspeção do reparo de uma trinca.



Figura 24: Plataforma P-36 adernada.  
Fonte: Relatório de Investigação ANP e DPC.

### **5.3 Medidas tomadas pelos supervisores responsáveis pelo controle de lastro e estabilidade**

Ao constatar a banda da plataforma, causada pela entrada de água na coluna avariada (popa boreste), a coordenação da unidade determinou que os tanques de lastro situados na coluna diametralmente oposta (proa bombordo) fossem lastrados, a fim de restabelecer as condições operacionais da plataforma. É importante ressaltar que a ação tomada para corrigir a inclinação da plataforma acelerou o aumento indesejável de seu calado.

A admissão de água de lastro em proa bombordo, efetuada por gravidade, só cessou quando os tanques estavam completamente cheios. Nesse momento, a plataforma continuava sendo inundada por água, através da caixa de mar aberta na coluna avariada.

Registra-se que não foi tomada nenhuma medida adicional para conter o alagamento da coluna de popa boreste, ou efetuar o seu desalagamento, bem como transferir água de lastro entre colunas intactas para manter a plataforma adriçada com a menor alteração possível de calado.

Com o aumento da banda e trim da plataforma, confirmou-se a indicação de que estariam total ou parcialmente alagados os compartimentos na coluna de popa boreste e áreas adjacentes ao submarino (poontoon).

Com o objetivo de diminuir o calado e estabilizar novamente a plataforma, a Coordenação da Petrobras decidiu injetar nitrogênio junto a coluna avariada, para expulsar a água dos compartimentos alagados. Duas embarcações equipadas para injeção de nitrogênio e ar comprimido foram deslocadas para o local do acidente.

As tentativas de injeção de nitrogênio e ar comprimido foram frustradas, em decorrência da dificuldade encontrada pelos mergulhadores em efetuar as conexões. A plataforma, contudo, permaneceu adernada, com uma banda de 25 graus. Constatado o agravamento da situação, após a plataforma ter atingido 30 graus de banda permanente.

Devido a esse cenário, a equipe especializada concluiu que a única alternativa disponível seria o corte das amarras e das linhas de produção (*risers*), com emprego controlado de explosivos, não havendo, contudo, tempo hábil para implementar essa linha de ação.

Durante toda a manhã do dia 20 de março, o emborcamento da plataforma ocorreu de modo contínuo, levando a plataforma a pique.



Figura 25: Plataforma P-36 emborcando.  
Fonte: Relatório de Investigação ANP e DPC.

#### **5.4 Resumo das não conformidades**

O presente estudo das não conformidades constatadas é direcionado somente as falhas no controle da Estabilidade em situações de avaria, a qual a unidade P-36 encontrava-se durante o alagamento. É importante enfatizar que esta não foi a única causa do agravamento das condições após o acidente, mas o objetivo do estudo neste caso.

O acidente foi causado por uma série de fatores que, isoladamente, não seriam suficientes para determiná-lo. O exame desses fatores levou à classificação de alguns deles como críticos e determinantes. Destaca-se para o presente estudo, a falha na operação de lastrar a coluna imediatamente oposta ao alagamento, o que provocou aumento contínuo do calado. A solução adequada seria deslastrar os tanques das colunas adjacentes ao alagamento, a fim de diminuir a banda e trim, mas sem o aumento do calado.

A análise dos eventos relativos ao alagamento da plataforma também possibilitou a identificação de várias não conformidades quanto a procedimentos de operação e manutenção, destacando-se a não observância de estanqueidade dos compartimentos em áreas críticas, para a preservação da Estabilidade da unidade.

Além disso, cabe destacar a ineficácia das ações para conter o alagamento ou efetuar o desalagamento antes da plataforma ser inteiramente abandonada. A Coordenação e treinamento do pessoal nas ações de controle de Estabilidade em emergência também mostraram-se ineficientes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aspectos importantes abordados neste trabalho visam salientar a necessidade do planejamento e cálculo de estabilidade, em Unidades do tipo semi-submersíveis. Além disso, particularidades deste tipo de Embarcação, características específicas quanto a Estabilidade e os diferentes modos de operação, também foram descritos.

Concluiu-se que, através da correta distribuição das cargas, lastro, consumíveis e granéis sólidos, é possível otimizar a operação cotidiana de perfuração e exploração do petróleo nas plataformas. Para isso, todos os tripulantes responsáveis pela Estabilidade devem ser treinados e experientes na função que exercem, a qual é importantíssima e indispensável a bordo dessas Unidades.

Finalmente, o mais importante a ressaltar é que o correto planejamento e cálculo de Estabilidade impactam diretamente na segurança das pessoas, do material e da preservação do meio ambiente marinho. Sendo assim, deve ser considerado como fundamental o conhecimento de todos os Comandantes dessas operações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MODU Code. **Código para Construção e Equipamento de Unidades. Móveis de Perfuração Marítima.** Resolução IMO A.1023(26), 2009.

LOAD LINE CONVENTION. **Convenção Internacional para Linhas de Carga.** Resolução IMO 701E (B), 2005.

PEREIRA, Sidnei Esteves. **Apostila de estabilidade para embarcações mercantes.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2011.

MARTIN INTERNATIONAL. **Apostila *Surface And Bottom Bearing Units Stability Course*.** Louisiana, Estados Unidos.

NOGUEIRA, Sérgio. **Estabilidade em plataformas semi-submersíveis: Teoria e controle de emergências.** Disponível em:  
<[www.oceanica.ufrj.br/.../Apostila\\_Sergio\\_Nogueira\\_Petrobras.doc](http://www.oceanica.ufrj.br/.../Apostila_Sergio_Nogueira_Petrobras.doc)> Acessado em: 17 set. 2013.

**Alpha Star Marine Operation Manual.** Cingapura, 2010

FIKSDAL, Gisle A.H. **Manual de Operações LODIC.** Noruega, 2009.

Marinha do Brasil. **Acidente com a Plataforma P-36, Relatório de Investigação.** Rio de Janeiro, 2001.

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval.** 7. ed. Rio de Janeiro, 2005, Volume 1.