

FD-1257

JOSE LUIZ FOZZATE PIRES

Engenheiro Naval, Escola Politécnica da USP, 1977

EQUILIBRIO ESTÁTICO DE SUBMERSÍVEIS

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da USP
para obtenção do título
de Mestre em Engenharia
Naval.

Orientador:- Dr. JORGE PINHEIRO DA COSTA VEIGA,
Depto. Engenharia Mecânica

CONSULTA
FD-1257

São Paulo, 1991

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo do equilíbrio estático de submersíveis, nas condições de operação submersa e na superfície.

Inicialmente são descritas as configurações diversas adotadas em submersíveis de aplicação militar para se atingir o equilíbrio estático nas diversas condições de operação.

A seguir são apresentados métodos para análise de equilíbrio nas condições submerso e na superfície. São apresentados uma aplicação do conceito do Polígono de Equilíbrio e um programa de computador para determinação da condição de equilíbrio na superfície.

Finalmente apresenta-se um exemplo de análise de equilíbrio para um submersível simplificado.

ABSTRACT

The subject of this work is the study of the static equilibrium of submersibles on the submerged and surfaced conditions.

Initially several configurations of naval submersibles, to reach the static equilibrium conditions, are described.

After that some methods to analyse the static equilibrium of both, the submerged and the surfaced conditions, are presented. The Equilibrium Polygon is also broached. It is presented one software to analyse the static equilibrium of submersibles on the surface condition.

Finally it is presented one example of static equilibrium analysis of a simplified submersible.

AGRADECIMENTOS

Agradeço àqueles que, de alguma maneira, me ajudaram a concluir esta dissertação, em especial ao meu orientador, Dr. Jorge Pinheiro da Costa Veiga.

INDICE	PAGINA
SIMBOLOGIA.....	6
DEFINIÇÕES.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. HISTORICO.....	17
3. PESO E DESLOCAMENTO.....	20
4. LASTRO PERMANENTE E VARIAVEL ARRANJO DE TANQUES.....	26
5. ANALISE DO EQUILIBRIO SUBMERSO.....	38
6. ANALISE DO EQUILIBRIO NA SUPERFICIE....	50
7. EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	84
CONCLUSOES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101
ANEXOS.....	103

SIMBOLOGIA

- A_{wl} - Area do plano de flutuação
- B - Centro de carena ou empuxo do submersível
- BM_l - Raio Metacêntrico longitudinal
- BM_t - Raio Metacêntrico transversal
- G - Centro de gravidade do submersível
- GM_l - Altura Metacêntrica longitudinal
- GM_t - Altura Metacêntrica transversal
- h - Calado na superfície
- L - Comprimento entre perpendiculares do submersível
- l_{cb} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo, em relação à perpendicular de referência, do deslocamento na superfície, adicionado o volume de água dos espaços de livre circulação situados abaixo da linha d'água
- $l_{cb_{ca}}$ - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo da calota, em relação à perpendicular de referência
- $l_{cb_{ci}}$ - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do cilindro, em relação à perpendicular de referência
- $l_{cb_{cn}}$ - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo dos componentes internos ao tanque de lastro, em relação à perpendicular de referência
- $l_{cb_{co}}$ - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do cone, em relação à perpendicular de referência
- $l_{cb_{cr}}$ - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do casco resistente, em relação à perpendicular de referência

- lcb_{cu} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do segmento de cunha, em relação à perpendicular de referência
- lcb_r - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo, em relação à perpendicular de referência, do deslocamento na superfície
- lcb_{li} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do volume de água de livre circulação localizado abaixo da linha d'água, em relação à perpendicular de referência
- lcb_{rf} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo da reserva de flutuabilidade, em relação à perpendicular de referência
- lcb_{se} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do segmento de casco, em relação à perpendicular de referência
- lcb_{tlv} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do tanque de lastro a vante, em relação à perpendicular de referência
- lcb_{tlr} - Posição longitudinal do centro de carena ou empuxo do tanque de lastro a ré, em relação à perpendicular de referência
- lcf - Posição longitudinal do centro do plano de flutuação, em relação à perpendicular de referência
- lcg - Posição longitudinal do centro de gravidade, em relação à perpendicular de referência, do deslocamento na superfície, adicionado o peso da água de livre circulação situada abaixo da linha d'água

- l_{cg10} - Posição longitudinal do centro de gravidade do lastro de comissionamento, em relação à perpendicular de referência
- l_{cg11} - Posição longitudinal do centro de gravidade da água de livre circulação situada abaixo da linha d'água, em relação à perpendicular de referência
- l_{cg1P} - Posição longitudinal do centro de gravidade do lastro permanente, em relação à perpendicular de referência
- l_{cg0} - Posição longitudinal do centro de gravidade, em relação à perpendicular de referência, da condição para determinação do lastro permanente
- m - Razão da posição de espessura máxima em relação à corda do perfil NACA
- M - Metacentro do submersível
- R - Raio externo máximo do casco
- r_{boss0} - Raio do boss0 do submersível
- r_1 - Raio externo do casco na posição da baliza (i)
- R_m - Reserva de momento
- sta_1 - número da baliza (0, 1/2, 1, ...)
- v_{ca} - Volume da calota
- v_{ci} - Volume do cilindro
- v_{cn} - Volume dos componentes internos ao casco
- v_{co} - Volume do cone
- v_{cr} - Volume do casco resistente
- v_{cu} - Volume do segmento de cunha
- v_{li} - Volume do espaço de livre circulação situado abaixo da linha d'água

- vrf - Volume do casco resistente na região do tanque de lastro
- vse - Volume do segmento de casco
- vtlv - Volume do tanque de lastro a vante
- vtlr - Volume do tanque de lastro a ré
- vcai - Posição vertical do centro de área da i-ésima baliza, em relação à linha de base,
- vcb - Posição vertical do centro de carena ou empuxo em relação à linha de base, do deslocamento na superfície, adicionado o volume dos espaços de livre circulação localizados abaixo da linha d'água
- vcb_{ca} - Posição vertical do centro de carena ou empuxo do cilindro, em relação à linha de base
- vcb_{cn} - Posição vertical do centro de carena ou empuxo dos componentes internos ao tanque de lastro, em relação à linha de base
- vcb_{cr} - Posição vertical do centro de carena ou empuxo do casco resistente, em relação à linha de base
- vcb_{cu} - Posição vertical do centro de carena ou empuxo do segmento de cunha, em relação à linha de base
- vcb_f - Posição vertical do centro de carena ou empuxo, em relação à linha de base, do deslocamento na superfície
- vcb_{ll} - Posição vertical do centro de carena ou empuxo do volume de água de livre circulação localizado abaixo da linha d'água, em relação à linha de base
- vcb_{se} - Posição vertical do centro de carena ou empuxo do segmento de casco, em relação à linha de base

- vcg - Posição vertical do centro de gravidade, em relação a linha de base, do deslocamento na superfície, adicionado o peso da água de livre circulação situada abaixo da linha d'água
- vcg_{1c} - Posição vertical do centro de gravidade do lastro de comissionamento, em relação à linha de base
- vcg_{11} - Posição vertical do centro de gravidade da água de livre circulação situada abaixo da linha d'água, em relação à linha de base
- vcg_{1p} - Posição vertical do centro de gravidade do lastro permanente, em relação à linha de base
- vcg_0 - Posição vertical do centro de gravidade, em relação à linha de base, da condição para determinação do lastro permanente
- w_{1c} - Peso do lastro de comissionamento
- w_{11} - Peso da água de livre circulação situada abaixo da linha d'água
- w_{1p} - Peso do lastro permanente
- W_0 - Peso do submersível na condição de carregamento para determinação do lastro permanente
- ∇_f - Volume do deslocamento do submersível, na superfície
- ∇ - Volume do deslocamento do submersível, na superfície, adicionado o volume dos espaços de livre circulação situados abaixo da linha d'água
- Δ_f - Peso do deslocamento do submersível na superfície

- Δ - Peso do deslocamento do submersível, na superfície, adicionado o peso da água de livre circulação situados abaixo da linha d'água
- ϕ - Diâmetro externo do submersível
- γ - Peso específico da água do mar
- ρ - Densidade da água do mar
- e - Angulo do cone do corpo de popa.

RECEBUE DO CENTRO ADMINISTRATIVO
1950

DEFINIÇÕES

- Submersível - Embarcação que pode navegar tanto na superfície quanto submersa. Este trabalho é de uso imediato em submersíveis de aplicação militar, em especial os classificados como submarinos. Sua utilização em outros casos é possível, porém, deve-se fazer as adaptações necessárias.
- Reserva-de flu-tuabilidade - Deslocamento correspondente ao volume de todos os equipamentos e apêndices situados acima da linha d'água de submersão, como vela, mastros super-estruturas (apenas sua estrutura), tubulações, e equipamentos localizados na superestrutura. É normalmente expressa como percentagem do deslocamento do submersível na superfície.
- Linha d'água de submersão - Linha d'água correspondente à condição de equilíbrio na superfície, quando totalmente carregado, com lastros de comissionamento e permanente instalados, pronto para submergir.
- Índice de indis-cricção - Razão do tempo de navegação na superfície ou com tubo de indução (SNORKEL) necessário para recarregar as baterias em relação ao tempo total de navegação.

Este índice demonstra o período durante o qual um submersível é vulnerável à detecção na superfície.

Desloca- É o peso da água deslocada pelo submersível. Seu
mento valor e direção coincidem com empuxo, porém têm sentidos opostos

SECRETARIA DE DEFESA NACIONAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
1954

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo sobre o equilíbrio estático de submersíveis em condições normais de operação. Inicialmente serão abordadas as soluções de projeto adotadas no desenvolvimento dos submersíveis e posteriormente serão apresentados métodos para análise do problema.

A análise do equilíbrio estático dos submersíveis envolve o estudo do equilíbrio vertical (controle de peso e empuxo) e do equilíbrio longitudinal (controle do trim). Devido à simetria do casco e da distribuição de pesos, em geral, a verificação do equilíbrio transversal não é necessária.

O equilíbrio vertical dos submersíveis consiste no controle do peso e do empuxo do submersível. Em submersíveis, devido à necessidade de equilíbrio entre peso e empuxo, principalmente quando submerso, com tolerâncias bastante reduzidas, não se pode deixar de levar em conta mínimas variações de peso e deslocamento, sendo portanto de extrema importância a precisão na determinação desses parâmetros.

Na direção longitudinal, devido às grandes distâncias envolvidas na movimentação de pesos e à pequena altura metacêntrica longitudinal ($GM_1 = GB$) na condição de operação submersa, torna-se necessária a previsão de dispositivos para controle do trim.

Além da distribuição adequada de pesos e formas do casco, são diversos os fatores que podem alterar tanto o equilíbrio vertical quanto o longitudinal, na condição de operação submersa: variações de peso de consumíveis, disparos de torpedos

variações da densidade de água do mar e variações no volume do casco resistente, devido à sua compressão quando submerso.

Os sistemas utilizados para equilibrar um submersível sofrem pequenas variações em torno de embarque, desembarque e movimentação de água a bordo, tanto para imersão/emersão, quanto para ajustes das variações de trim, peso e empuxo que possam ocorrer durante a operação.

O equilíbrio submerso é conseguido com a instalação de lastro sólido (lastro permanente) em quantidade igual à diferença entre o peso do submersível e seu deslocamento na superfície. Sua localização é tal que não haja trim quando o submersível estiver submerso. Pode-se equilibrar todas as condições de carregamento através do ajuste do peso alagando-se ou esgotando-se os tanques de compensação e trim. Quando emerso, submersível se comporta como navio de superfície. A análise do equilíbrio na superfície consiste na determinação do calado e do trim resultantes para o deslocamento na superfície. O programa EQSUB, que foi elaborado como parte desta dissertação pode ser utilizado para determinação do calado e do trim nessa condição e para calcular os volumes dos tanques de lastro.

Devem ainda ser feitas análises de estabilidade transversal, para as diversas condições de operação na superfície, submersa e transitória. Na superfície o submersível normalmente apresenta uma pequena altura metacêntrica transversal (GM_1), devido às suas formas. Submerso, seu metacentro (M) coincide com o centro de empuxo (B) sendo necessário estabelecer-se critérios apenas para a distância

vertical entre os centros de empuxo e gravidade (BG) (Fig. 1.1). Nas situações transitórias deve-se considerar o efeito de superfície livre nos tanques de lastro, parcialmente alagados, que podem reduzir a altura metacêntrica a valores críticos. Contudo, a análise da estabilidade transversal, não é objeto deste estudo.

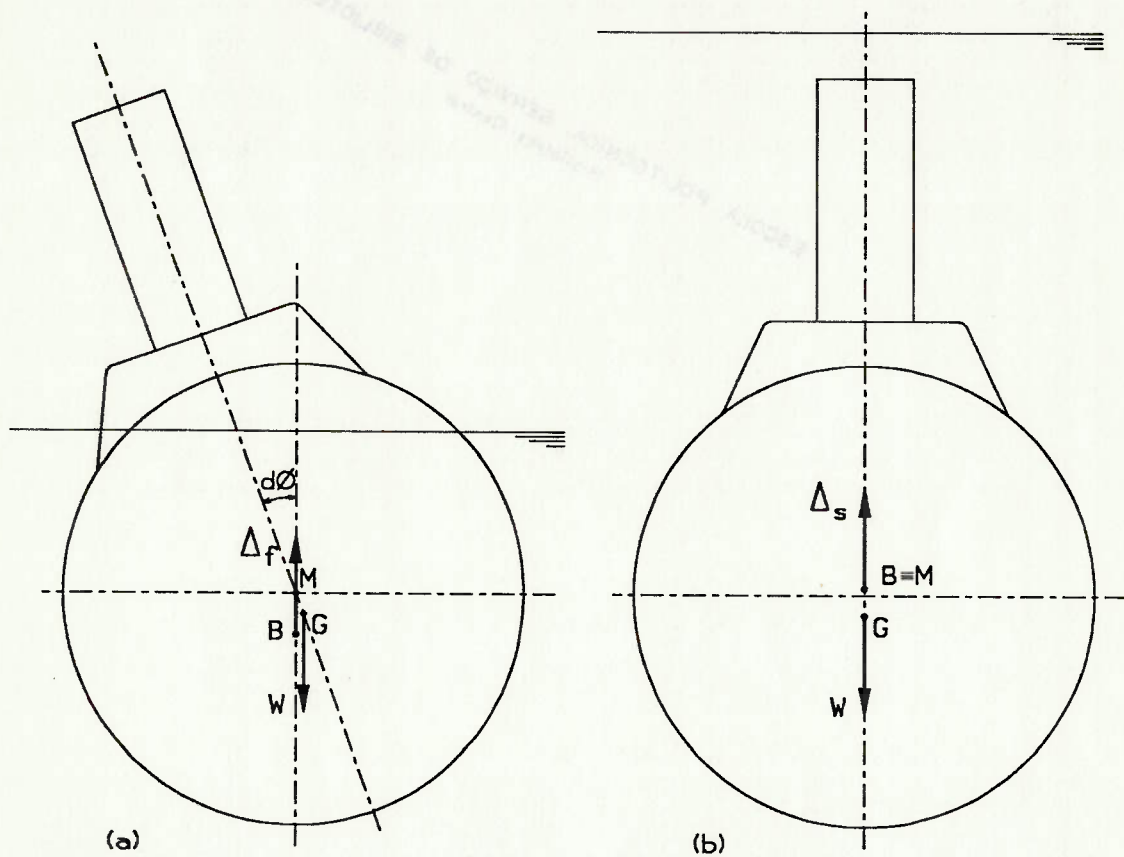


FIGURA 1.1

2. HISTORICO

As soluções para se conseguir um submersível equilibrado surgiram com o aparecimento dos primeiros submersíveis. O primeiro submersível do qual se tem algum registro histórico, feito por David Bushnell nos EUA em 1775, já apresentava um tanque de lastro para fazê-lo submergir e garantir o equilíbrio vertical {1}.

Em 1850 Wilhelm Bauer da Alemanha, apresentou a primeira utilização de um sistema que podia controlar a variação do centro de gravidade na direção longitudinal através de movimentação de lastro sólido {1}, podendo assim controlar o trim do submersível.

Até a Segunda Grande Guerra os submersíveis militares operavam de maneira tal que era mais importante o seu desempenho na superfície do que submerso: eles se deslocavam de suas bases até postos próximos aos de combate na superfície, mergulhando somente ao se aproximar do inimigo. Além de grande reserva de flutuabilidade, eles tinham formas parecidas com as de navio de superfície para reduzir a resistência hidrodinâmica na superfície e também aumentar a altura metacêntrica transversal, isto é, a sua estabilidade transversal. Essas características eram conseguidas basicamente com a utilização de casco duplo, ou seja, com casco resistente cilíndrico internamente ao casco hidrodinâmico (Fig. 2.1).

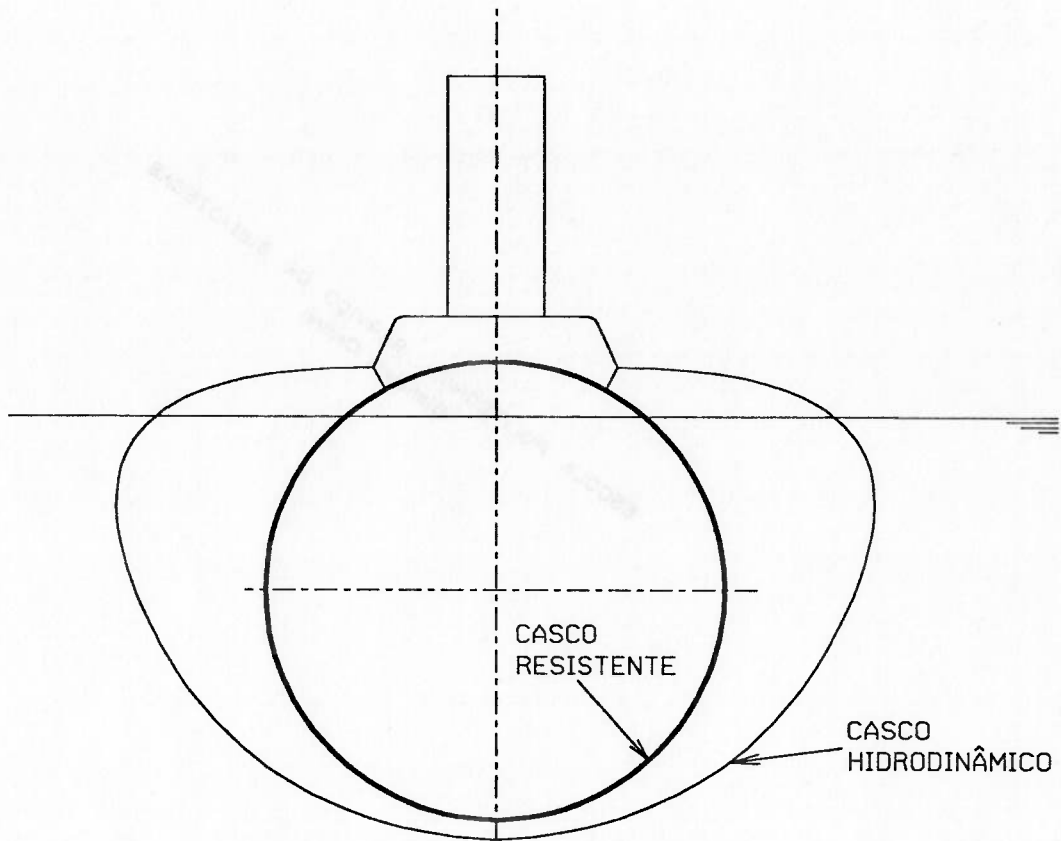


FIGURA 2.1

Durante a Segunda Grande Guerra, com o aparecimento de medidas eficientes para detecção de submersíveis, iniciou-se uma grande pesquisa no sentido de procurar soluções que diminuíssem seu índice de indiscrição. Como resultado surgiram os modernos submarinos que operam quase em tempo integral submersos, não sendo tão importante seu desempenho na superfície. Várias modificações nas formas dos submersíveis foram sendo introduzidas, como a diminuição da reserva de flutuabilidade e a utilização de cascos simples.

Os conceitos utilizados na abordagem do equilíbrio estático de submersíveis são os mesmos, tanto para os mais antigos como para os mais modernos. Na superfície o equilíbrio dos submersíveis é analisado da mesma forma que para os navios de superfície. Para submergir os submersíveis alagam completamente seus tanques de lastro, passando a ficar com flutuabilidade neutra.

Pode-se efetuar a análise do equilíbrio submerso de duas maneiras:

. Considerar a água contida nos tanques de lastro tanto no cômputo do peso embarcado, quanto no cômputo do deslocamento;

. Não considerar essa água nem como peso, nem como empuxo.

Os resultados obtidos são os mesmos, exceto quando se considera que os tanques de lastro foram alagados com água de uma determinada densidade e o submersível navega em água com densidade diferente {6}.

O primeiro método é o mais utilizado, enquanto o segundo é utilizado principalmente na Alemanha. Ele foi adotado a partir de 1938 com o objetivo de contornar leis internacionais que limitavam a tonelagem bruta da frota submarina. Neste trabalho a análise do equilíbrio não considera a água de lastro nem como peso, nem como deslocamento.

Além dessa diferença na forma de se analisar o problema do equilíbrio estático, existem diferentes soluções para se conseguir o equilíbrio dos submarinos, no que se refere a arranjo de sistemas para lastrear e equilibrar o submarino, como apresentado no item 4.

3. PESO E DESLOCAMENTO

3.1. Definições de Deslocamentos.

Pode-se definir quatro condições básicas de deslocamento do submersível, quando submerso, conforme mostra a figura 3.1.

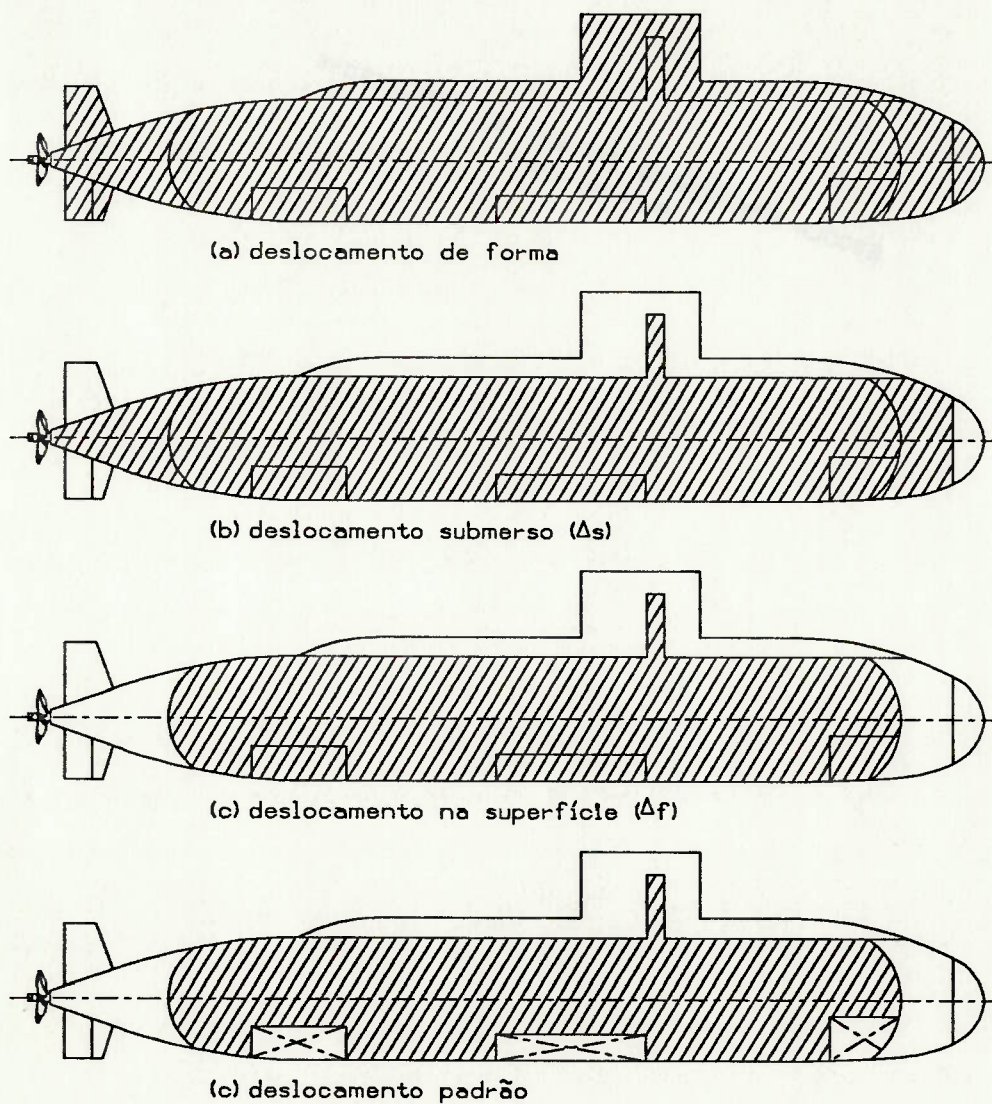


FIGURA 3.1

3.1.1. Deslocamento de Forma.

É o deslocamento total do casco hidrodinâmico do submersível. Inclui o peso de: todos os itens a bordo (estruturas, maquinarias, armamentos, fluidos operacionais, tripulação, víveres, aguada, etc.), água de lastro, água de todos os espaços de livre circulação. É utilizado basicamente para estudos de hidrodinâmica.

3.1.2. Deslocamento Submerso.

O deslocamento submerso é igual ao deslocamento de forma, excluindo-se apenas o peso da água contida nos espaços de livre circulação.

3.1.3. Deslocamento na Superfície.

O deslocamento na superfície é igual ao deslocamento submerso, excluindo-se o peso da água dos tanques de lastro.

3.1.4. Deslocamento Padrão.

É o deslocamento do submersível completo excluindo-se os pesos de: óleos combustível e lubrificante, água de alimentação, água de lastro de qualquer espécie, e água contida em espaços de livre circulação.

3.2. Cálculo de Peso.

Nos submersíveis, mais que nos navios de superfície, são extremamente importantes os controles absolutos de peso e de deslocamento e a determinação das possíveis condições que ele

irá experimentar durante a operação. O sucesso no projeto de um submersível depende fundamentalmente desses controles. Esses controles devem ser iniciado já nas primeiras etapas do projeto, permanecendo durante a construção e operação do submerível. Um bom controle de peso depende principalmente da experiência da equipe de projeto, adquirida através de projeto e construção de outras embarcações similares, já que o acesso a informações sobre esse tipo de embarcação é bastante difícil. Em fases mais avançadas do projeto e durante a construção, os controles de pesos e deslocamentos devem ser feitos minuciosamente, considerando-se todos os itens que serão instalados a bordo.

No cômputo do volume do deslocamento submerso, deve-se considerar todos os itens que possam contribuir para o empuxo total: casco resistente, apêndices (lemes, profundores, hélice, etc.), estruturas, equipamentos, escotilhas, superestrutura, mastros e outros itens localizados em espaços alagáveis externos ao casco resistente.

Da mesma forma, no cômputo do peso do submersível, deve-se considerar todos os itens instalados a bordo: estruturas, equipamentos, tubulações, cabos elétricos e eletrônicos, instrumentos, fluidos operacionais (água, óleo, ar comprimido, oxigênio, etc.) e outros.

É necessário, para o bom controle, tanto do peso quanto do deslocamento, se dispor de uma metodologia baseada em um sistema de controle de itens estruturados, que, além de facilitar a verificação de possíveis omissões ou duplicidade de itens, estabeleça limites bem claros de onde se deve separar

ítems interligados. A Marinha dos EUA utiliza a Norma SWBS (Shipwork Breakdown Structure) {8} e a Marinha Alemã a Norma BG (BAUGRUPPEN) {9}.

3.3. Margens.

Deve-se utilizar margens de peso e momento longitudinal baseadas em dados de projeto e construção de submersíveis semelhantes, que vão sendo consumidas à medida que o projeto evolui. Essas margens são aplicadas às estimativas de peso e posição do centro de gravidade para corrigir diferenças entre os valores estimados durante o projeto e os valores que irão ser efetivamente obtidos após a construção.

Essas margens são de três tipos: margens de projeto e construção; margem de crescimento futuro (lastro de comissionamento) e margem de lastro longitudinal (reserva de momento).

3.3.1. Margens de Projeto e Construção.

São devidas às imprecisões de projeto. Devem ser tanto maior, quanto maior for a diferença em relação ao projeto de outros submersíveis que são tomados como referências.

A norma BV-1033.1 {10} estabelece as seguintes margens:

. Para fase de projeto: prever um peso adicional de 0,75% do deslocamento na superfície;

. Para fase de construção: prever um peso adicional de 2,3% do deslocamento na superfície.

As margens de projeto e construção podem ser distribuídas em função do tipo do item. Assim, itens como por exemplo, estruturas, acabamento, etc., teriam margens maiores ou menores em função da precisão com a qual podem normalmente ser avaliados. Esse recurso depende de levantamentos estatísticos executados em experiências anteriores.

3.3.2. Lastro de Comissionamento.

Devido à longa vida dos submersíveis e à rápida evolução tecnológica de diversos itens principalmente eletrônicos e de armamento, são necessárias margens que considerem alterações durante a sua vida útil. Além disso, diversos pesos são inevitavelmente introduzidos durante a operação: incrustações, pinturas, etc.

A norma BV-1033.1 estabelece as seguintes margens de comissionamento: prever o peso adicional de 1% do deslocamento na superfície, para submarinos com deslocamento até 600t e 0,5% do deslocamento na superfície para submersíveis com deslocamento acima de 1.200t. Para deslocamentos intermediários deve-se interpolar. Considera-se o lastro de comissionamento localizado a uma altura de 75% do diâmetro do submersível acima da linha base e na mesma posição longitudinal do centro de empuxo do submersível.

Na fase de projeto, deve-se somar as três margens acima. Em outras fases, as margens devidas às fases anteriores que não foram consumidas, devem ser instaladas como lastro permanente.

3.3.3. Reserva de Momento.

É a margem de momento longitudinal aplicada para correção de possíveis erros cometidos na estimativa da posição do centro de gravidade dos componentes do submersível.

A BV 1033.1 {10} estabelece os seguintes valores para reserva de momento:

. Para a fase de projeto: reserva de momento de 0,25% do produto entre o comprimento entre perpendiculares e o deslocamento na superfície;

. Para a fase de construção: reserva de momento de 0,115% do produto entre o comprimento entre perpendiculares e o deslocamento na superfície;

. Para crescimento futuro: reserva de momento de 0,135% do produto entre o comprimento entre perpendiculares e o deslocamento na superfície.

4. LASTRO PERMANENTE E VARIÁVEL, ARRANJO DE TANQUES

4.1. Reserva de Flutuabilidade.

Considere-se um submersível com trim de projeto e sem banda, flutuando em uma determinada linha d'água denominada linha d'água de submersão, isto é, a linha d'água na qual o submarino flutua totalmente carregado e pronto para submergir.

Para submergir, até uma condição ideal em que ele fique equilibrado verticalmente, o submersível necessita acrescentar ao seu peso quantidade exatamente igual ao peso da água deslocada pela reserva de flutuabilidade. Essa operação é feita embarcando-se água nos tanques de lastro, conforme apresentado em 4.2.

Nesta situação ideal, o submersível encontra-se submerso, sem trim, sem banda e flutuabilidade neutra, ou seja, com peso e deslocamento iguais. Na prática, além dessa situação de peso igual ao deslocamento e com seus centros situados na mesma vertical ser difícil de ser atingida, o peso e o deslocamento do submersível variam durante a operação, sendo necessárias correções adicionais para se atingir o equilíbrio. Para tanto são utilizados os tanques de compensação e trim, conforme apresentado em 4.3., para corrigir as diferenças entre o peso e o deslocamento do submersível. Mesmo com esses tanques, são necessárias pequenas correções hidrodinâmicas feitas, quando com velocidade suficiente, através do acionamento dos hidroplanos ou

profundores, conforme mostra a figura 4.1. de forma a manter o calado e o trim desejados.

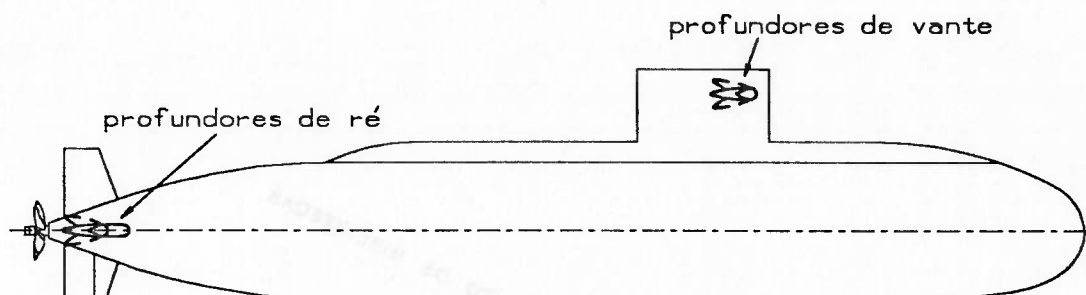


FIGURA 4.1

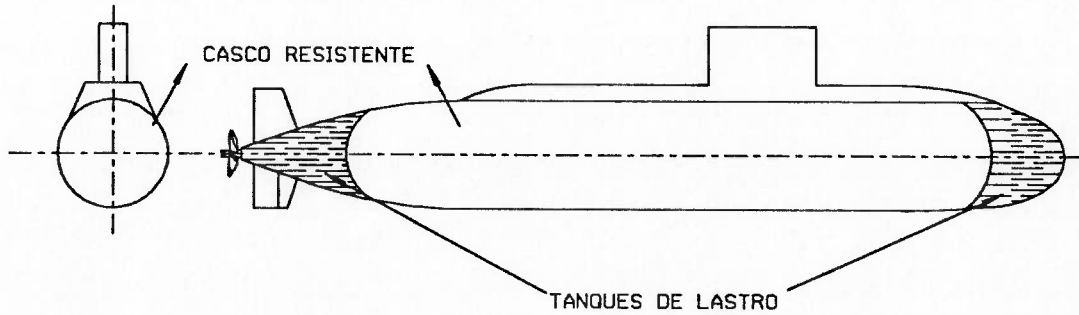
4.2. Tanques de Lastro.

Como mencionado em 4.1. os tanques de lastro servem para fazer o submersível submergir, quando alagados, ou emergir, quando esgotados. O volume dos tanques de lastro determina a reserva de flutuabilidade que pode ser expressa em termos de volume ou, como é mais usual, na forma de percentagem do deslocamento na superfície.

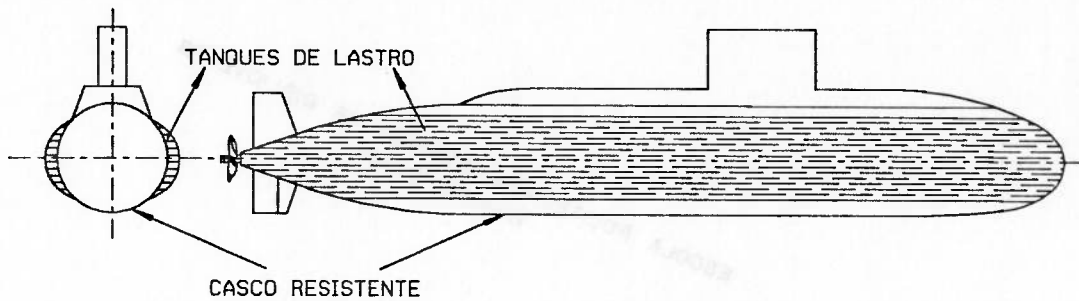
A disposição desse volume de lastro no casco depende da forma do casco e de como ele é construído. Quanto à forma de construção do casco, três tipos principais podem ser destacados: casco simples, intermediário e casco duplo, como mostra a figura 4.2.

Submersíveis dotados de casco duplo e intermediário têm seus tanques de lastro localizados ao longo do seu comprimento, fora do casco resistente. São, no entanto, construções não

CASCO SIMPLES



TIPO INTERMEDIARIO



CASCO DUPLO

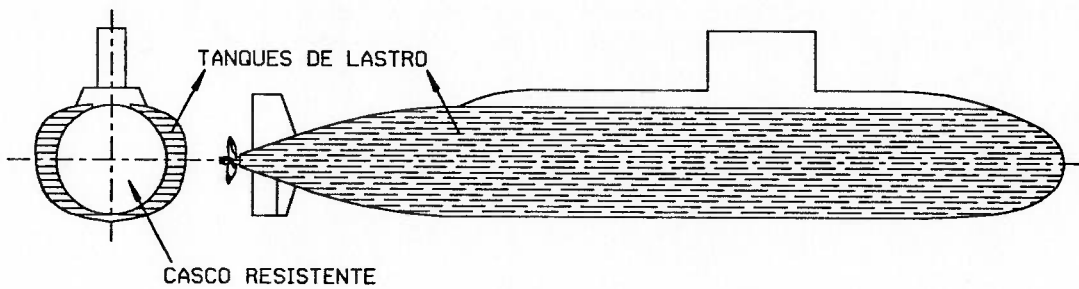


FIGURA 4.2

usuais nos submarinos atuais. Os submarinos hoje são quase todos construídos em casco simples, na maior parte de seu comprimento. Neles também os tanques de lastro são, em geral, localizados fora do casco resistente. Raramente os tanques de lastro são instalados internamente ao casco resistente.

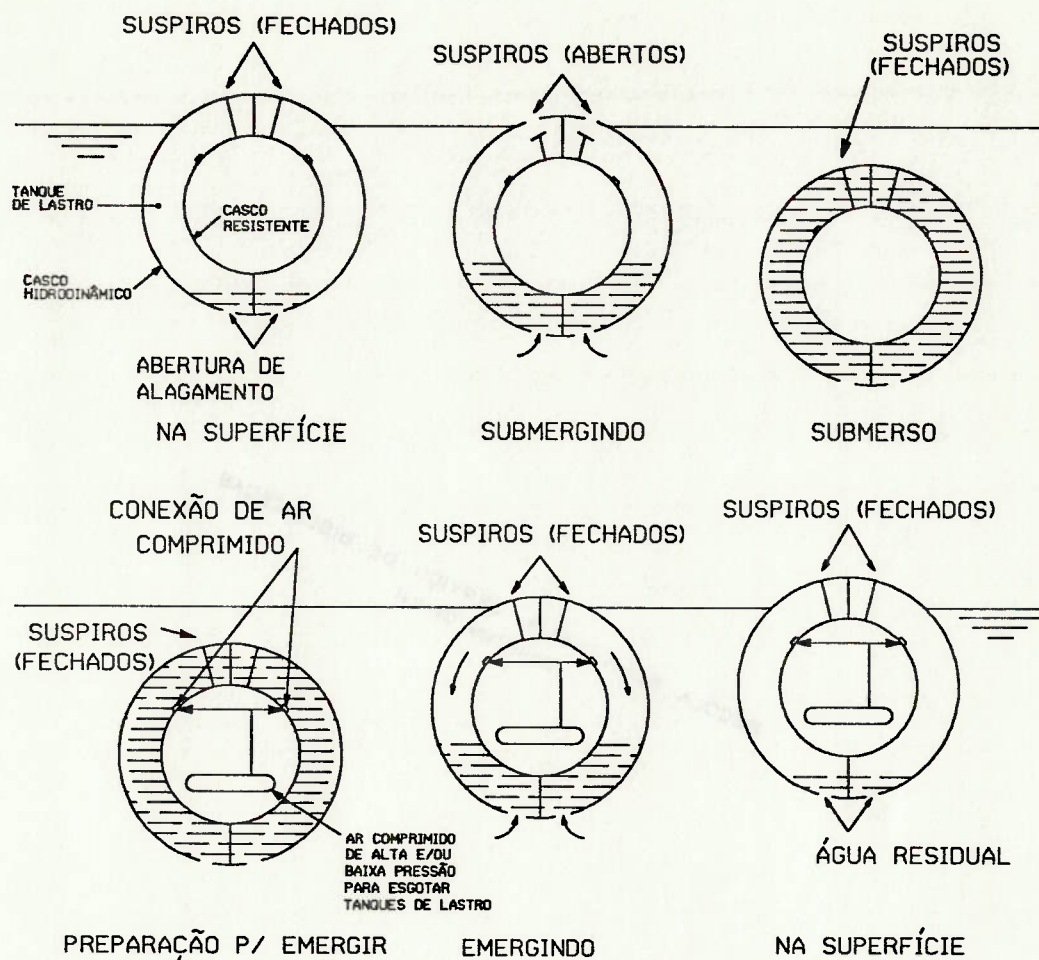


FIGURA 4.3

Tanques localizados externamente ao casco resistente são mais vantajosos do ponto de vista de construção e operação pois, por estarem sempre em comunicação com a água do mar, através de aberturas de alagamento no fundo, não provocam grandes diferenças entre as pressões interna e externa. Os tanques de lastro são subdivididos por questão de segurança e

tipicamente construídos conforme mostra a figura 4.3. Para inundá-los basta abrir a válvula de suspiro localizadas nos seus pontos mais altos. A água entra através das grelhas, localizadas nos seus pontos mais baixos, enquanto o ar sai através das válvulas de suspiro. Imediatamente após a imersão, por medida de segurança, fecha-se o suspiro. Para se esgotar o lastro insufla-se ar comprimido na parte superior dos tanques, com as válvulas de suspiro fechadas. A água é esgotada pelas grelhas inferiores. A profundidade em que os tanques podem ser esgotados e o tempo necessário para a emersão dependem da pressão e do volume de ar comprimido disponíveis.

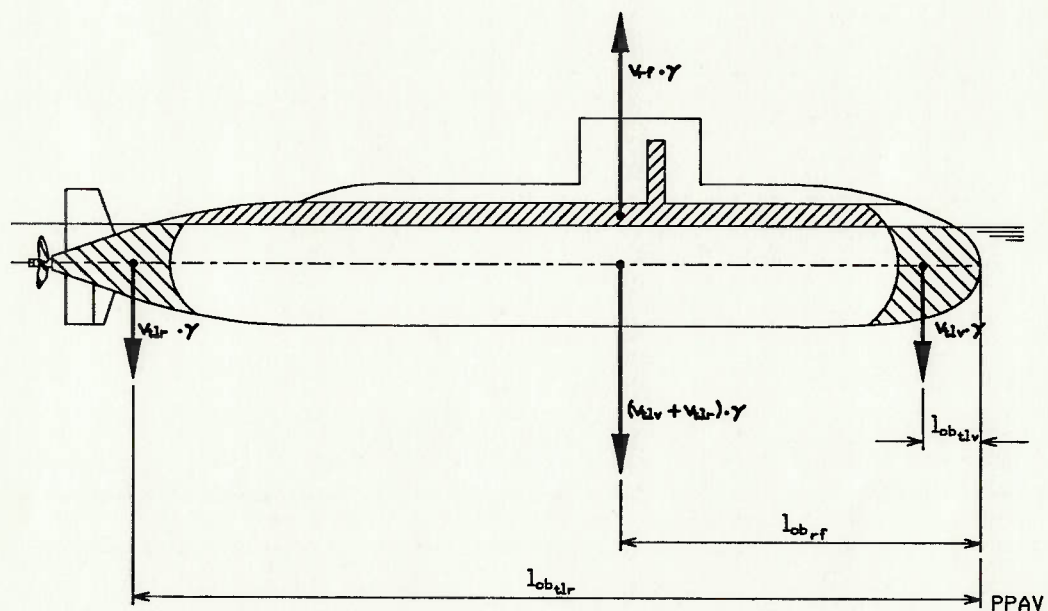


FIGURA 4.4

Conforme mostra a figura 4.4, a soma dos volumes dos tanques de lastro abaixo da linha d'água de submersão deve ser

igual ao volume de reserva de flutuabilidade, quando o submersível se encontra na linha d'água de submersão.

$$V_{rf} = V_{tLv} + V_{tLr} \quad (4.1)$$

Qualquer que seja o arranjo dos tanques de lastro, é necessário que o empuxo resultante de seus volumes esteja na mesma vertical do empuxo da reserva de flutuabilidade, quando o submersível estiver na superfície, com trim de projeto e em situação de pronto para submergir. Desta forma não serão necessárias correções na sua inclinação longitudinal.

$$V_{rf} \cdot lcb_{rf} = V_{tLv} \cdot lcb_{tLv} + V_{tLr} \cdot lcb_{tLr} \quad (4.2)$$

4.3. Tanques de Compensação e Trim.

Como mencionado em 4.1, após submergir e no decorrer de sua viagem, o submersível necessita fazer correções no peso e na posição longitudinal do centro de gravidade de forma igualá-los com o empuxo e sua posição longitudinal, respectivamente.

Durante uma missão, o peso do submersível varia constantemente. São consumidos óleo (geralmente substituído por água do mar), aguada e outros itens que são despejados ao mar. As variações de deslocamento, devido à mudança de densidade da água do mar (de 1,005 a 1,030 t/m³) e à compressibilidade do casco resistente são responsáveis pelas variações do deslocamento. Um submersível com 1.000,0 t de deslocamento, por exemplo, necessitaria compensar 25,0 t de seu peso, para poder navegar entre um mar de densidade 1,005 t/m³ e outro de densidade 1,030 t/m³.

As condições nas quais se deve verificar o equilíbrio estático de submersível são estabelecidas em normas {10}. Deve-se considerar as variações descritas em 4.3.1, 4.3.2 e 4.3.3.

4.3.1. Variação do Empuxo com a Densidade da Água do Mar

Esta variação depende da região onde o submersível opera e é função da salinidade e, principalmente, da temperatura da água. Pode variar de 1,005 a 1,030 t/m³, porém, normalmente está situada entre 1,007 e 1,028 t/m³. Somente para atender esta variação, é necessário que o tanque de compensação tenha capacidade de aproximadamente 2% do deslocamento do casco resistente {3}.

4.3.2. Consumo de Oleos Lubrificante e Combustível, Aguada, Provisões, etc.

O consumo de aguada, víveres, óleo lubrificante etc, diminuem o peso do submersível. Como o óleo combustível consumido normalmente é continuamente substituído por água do mar, que é mais densa, o seu consumo tende a aumentar o peso do submersível. O volume do tanque de compensação necessário para compensar esses consumos é característico de cada submersível, isto é, depende do tipo de propulsão (Diesel-elétrica, nuclear ou outras), da autonomia, tripulação, velocidade, consumo de auxiliares, armamentos etc.

4.3.3. Diminuição do Volume do Casco Resistente Quando em Mergulho Profundo.

Devido à elasticidade do casco, ele pode ter seu volume reduzido quando submetido a grandes pressões externas. O volume de água de compensação necessário para atender essa condição depende da profundidade máxima de operação e da rigidez do casco do submersível. Para submersíveis que operam até a cota de 200m, é necessário que o tanque de compensação tenha capacidade de aproximadamente 0,3% do volume do deslocamento do casco resistente. Para submersíveis que operam a grandes profundidades, pode ocorrer que, devido à grande rigidez de seu casco, a água do mar, cujo módulo de YOUNG é de 1,96Mbar, sofra maior compressão que o próprio casco. Neste caso o efeito será contrário, isto é, o empuxo do casco resistente aumenta conforme ele mergulha mais profundamente {3}.

Em geral, para submersíveis que não tenham os tanques de compensação e de trim interligados, o volume dos tanques de compensação varia entre 2,5 e 3,0% do volume do deslocamento e o volume dos tanques de trim está em torno de 1% e o volume de água neles é de 0,5% do volume do deslocamento na superfície, para tanques de trim não interligados com os de compensação {3}.

4.3.4. Características dos Tanques de Trim e Compensação.

Os ajustes entre empuxo e peso são feitos através de alagamento ou esgotamento dos tanques de compensação. Uma configuração típica de arranjo dos tanques de trim e compensação, que normalmente são arranjados dentro do casco resistente dos submersíveis, é mostrada na figura 4.5.

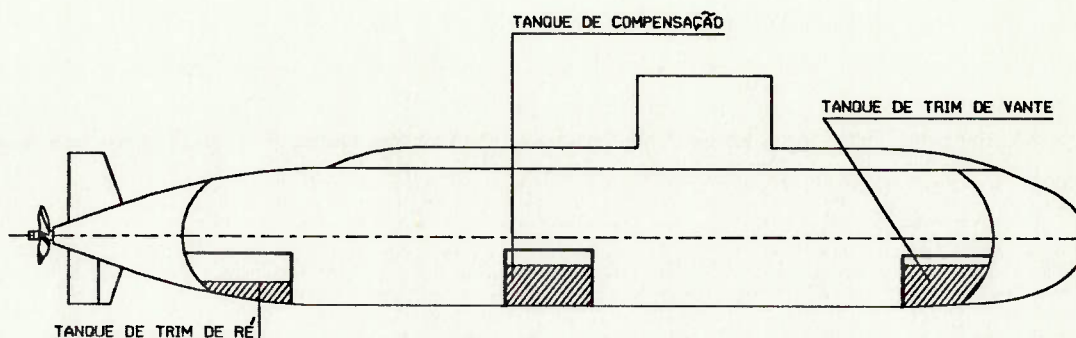


FIGURA 4.5

O centro de gravidade dos tanques de compensação deve ficar o mais próximo possível do centro de empuxo (ou de gravidade) do submarino na condição submerso de forma que o alagamento ou esgotamento deles não cause grande variação de trim. No entanto, variações no trim são inevitáveis, sendo necessária sua correção através da transferência de água entre os tanques de trim, que são localizados nas extremidades do casco resistente.

Em alguns submarinos, os tanques de trim são interligados com os de compensação, permitindo, além da movimentação de água entre eles (portanto sem compensação do peso), também embarque ou esgotamento de água nos tanques de trim (portanto com compensação de peso). Outros não tem os tanques de trim interligados com os de compensação, não permitindo embarque ou esgotamento de água nos tanques de trim, mas apenas movimentação de água do tanque de trim de proa para o de popa e vice-versa.

4.4. Tanques de Compensação e Oleo Combustível (T.C.O.C.).

Os submersíveis convencionais, que carregam grande quantidade de óleo combustível, operam de maneira tal que a pressão na entrada da bomba injetora dos motores dos grupos Diesel-geradores, é fornecida pela água do mar. Assim, à medida que o óleo vai sendo consumido, ele é substituído por água do mar. Como se tratam de fluidos não miscíveis e com densidades diferentes, o controle da separação entre eles é simples.

Dessa forma, além de aproveitar a pressão externa no bombeamento do óleo, esses tanques servem também como tanques de compensação. Como a densidade da água do mar (1,005 a 1,030 t/m³) é superior à do óleo (aproximadamente 0,83t /m³) e, como os tanques são normalmente interligados em série como mostra a figura 4.6, é conveniente que parte desse tanques possa também ser esgotada, de forma a não necessitar de tanques de compensação adicionais.

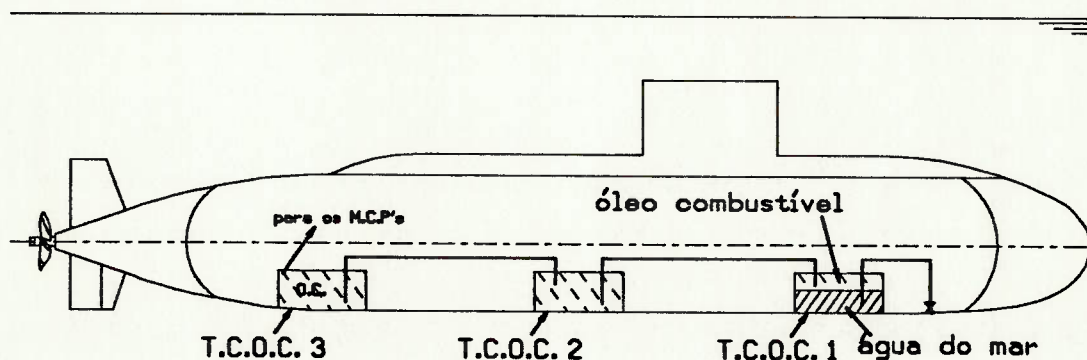


FIGURA 4.6

4.5. Outros Tanques.

Além dos tanques já descritos, os submersíveis são dotados de outros tanques, com funções mais específicas como mostra a figura 4.7.

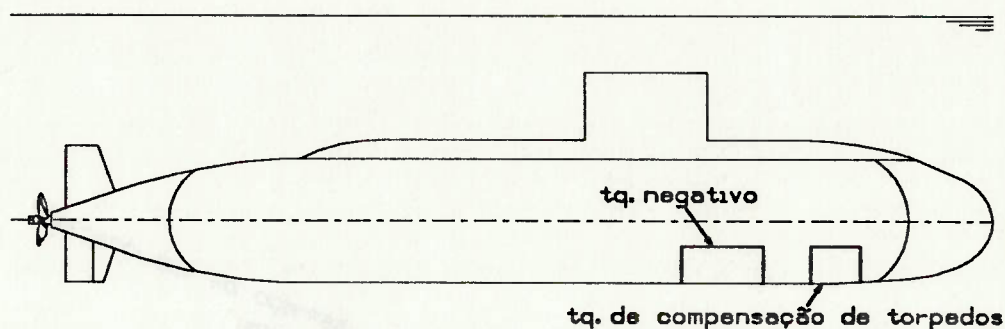


FIGURA 4.7

4.5.1. Tanque Negativo ou Tanque de Rápida Imersão.

Tem o objetivo de dar ao submersível, além do peso maior que o deslocamento, trim pela proa de modo que o submarino possa mergulhar mais rapidamente. Este tipo de tanque já não vem sendo utilizado, por questão de segurança. Normas como a General Specification for Ships {11} não permitem mais sua utilização.

4.5.2. Tanques de Compensação de Torpedos.

São tanques posicionados o mais próximo possível dos torpedos nos quais a água do mar é embarcada para compensar o seu peso e o seu momento quando disparados e por ocasião do recarregamento.

4.6. Lastro Permanente.

Além dos lastros variáveis os submersíveis necessitam de lastro permanente, normalmente em chumbo, que tem as seguintes funções:

. Ajustar o peso e a posição do centro de gravidade do submarino, de forma a equilibrar o submersível na condição inicial de carregamento;

. Melhorar a estabilidade transversal do submersível, já que são instalados na sua parte mais baixa;

. Possibilitar o crescimento em peso do submersível ao longo da sua via útil, devido a reparos e/ou melhorias efetuadas a bordo, com a retirada de parte desse lastro.

A quantidade de lastro permanente a ser instalada no submersível, é resultado do ajuste entre o peso (incluindo lastro de comissionamento e margens) e deslocamento. Ela deve ser verificada ao longo do projeto, desde seu início sendo recomendado que esteja entre 3 e 5% {3} do deslocamento na superfície. Outras referências indicam faixas maiores como 1 a 9% {15}.

5. ANALISE DO EQUILIBRIO SUBMERSO

5.1. Determinação do Peso e Posição do Lastro Permanente.

A determinação do lastro permanente necessário para o equilíbrio do submersível só é feita definitivamente após as provas de equilíbrio, quando são determinados o peso e a posição do centro de gravidade do submersível. Porém, em todas as etapas do projeto, deve-se verificar a quantidade e posição do lastro permanente necessário para equilibrar o submersível.

Deve-se calcular o lastro permanente para equilibrar o submersível na seguinte condição ideal de operação: totalmente carregado (óleo, aguada, víveres, tripulação, etc.), com os tanques de compensação vazios e com os tanques de trim, caso eles sejam interligados aos de compensação, também vazios ou, caso eles não sejam interligados, com água até metade de suas capacidades. Conforme a Norma BV 1033.1 {10}, os tanques de compensação de torpedo, nessa condição, devem estar com volume mínimo para a primeira salva de disparos. Nessa situação o submersível deve estar em mar com densidade igual à mínima especificada e com o lastro de comissionamento instalado conforme estabelecido em 3.3 para a margem de comissionamento. Esta condição de carregamento será denominada condição para determinação do lastro permanente.

$$W_0 = \sum_{i=1}^n w_i + w_{lc} \quad (5.1)$$

$$\log_p = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot \log_i) + w_{lc} \cdot \log_{lc}}{w_p} \quad (5.2)$$

$$vcg_p = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot vcg_i) + 0,75 \cdot \phi \cdot w_{lc}}{w_p} \quad (5.3)$$

$$\Delta_f = \gamma \cdot \sum_{j=1}^m v_j \quad (5.4)$$

$$lcb_f = \log_f = \frac{\sum_{j=1}^m (v_j \cdot lcb_j)}{v_f} \quad (5.5)$$

$$vcb_f = \frac{\sum_{j=1}^m (v_j \cdot vcb_j)}{v_f} \quad (5.6)$$

Onde $\sum_{i=1}^n w_i$ é a somatória dos pesos de todos os (n) componentes do submersível na condição para determinação do lastro permanente, $\sum_{j=1}^m v_j$ é a somatória dos volumes de todos os (m) itens que contribuem para o deslocamento e w_{lc} é o peso do lastro de comissionamento. A Norma BV 1033.1 {10} estabelece o valor mínimo especificado para a densidade da água do mar para o cálculo dessa condição.

Caso se esteja na fase de projeto ou construção deve-se adicionar à somatória da equação 5.1 as margens de peso necessárias, conforme 3.3.

Inicialmente determina-se a quantidade e a localização de lastro permanente (chumbo) a ser instalado, que será a diferença

entre o deslocamento na superfície (vide 3.1.3) e o peso do submersível na condição para determinação do lastro permanente (Fig. 5.1).

Esse lastro permanente será instalado na parte mais baixa do submersível, o que garante melhores condições de estabilidade transversal, com a redução da altura do centro de gravidade do submersível. Os posicionamentos longitudinal e transversal são feitos de forma que ele fique completamente sem trim e banda respectivamente, quando submerso. Em condições normais de projeto, deve-se esperar que a posição transversal do lastro permanente caia sobre a linha de centro do submarino já que as distribuições de peso e empuxo, nessa direção, são aproximadamente simétricas.

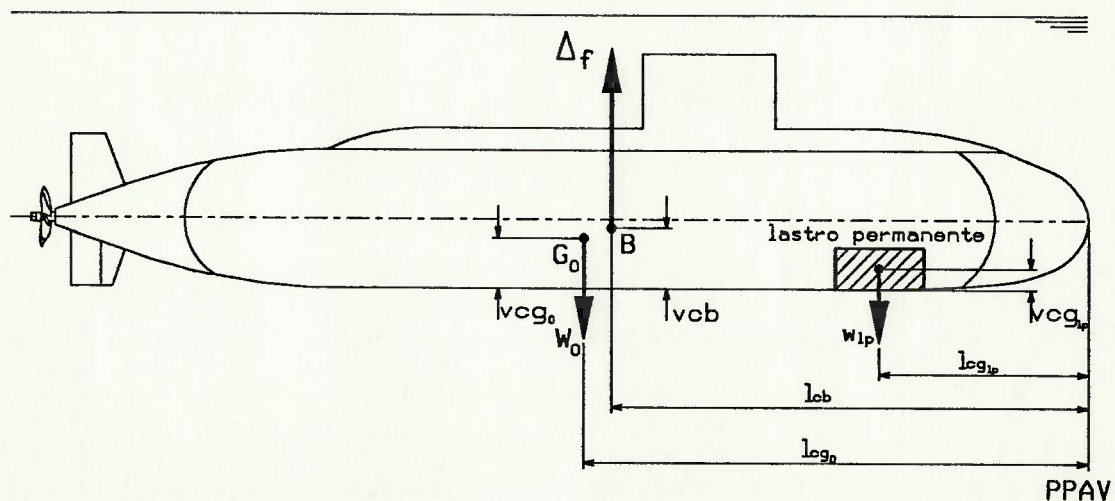


FIGURA 5.1

$$W_{lp} = \Delta_f - W_0$$

(5.7)

$$l_{cg_{LP}} = \frac{\Delta_f \cdot l_{ob_f} - W_0 \cdot l_{og_0}}{W_{LP}} \quad (5.8)$$

Deve-se verificar se a posição do lastro permanente atende à condição de reserva de momento, isto é, se é possível movimentar o lastro permanente dentro do submersível, a vante e a ré, dentro de uma distância definida por norma. A BV 1033.1 {10} estabelece a seguinte faixa de movimentação para o lastro permanente, conforme 3.3.3:

$$\delta l_{cg_{LP}} = \frac{0,005 \cdot \Delta_f \cdot L}{W_{LP}} \quad (5.9)$$

5.2. Determinação do Volume dos Tanques de Lastro.

O volume dos tanques de lastro dos submersíveis varia entre 10 e 40% do deslocamento na superfície e deve ser pré-estabelecido em função das suas características operacionais. Esse volume depende, entre outros, de fatores como: tamanho do submersível e importância da navegação na superfície. Submersíveis de grandes deslocamentos sofrem menor influência do estado de mar, podendo navegar na superfície com menor reserva de flutuabilidade que submersíveis menores. Submersíveis que navegam por longo tempo na superfície, como os anteriores à Segunda Grande Guerra, necessitam de grandes reservas de flutuabilidade. Os submarinos atuais, que navegam praticamente todo o tempo submersos, emergindo apenas para se aproximar ou afastar de suas bases, em condições de mar mais amenas, necessitam de pequenas reservas de flutuabilidade.

Deve-se minimizar a reserva de flutuabilidade pois ela aumenta o deslocamento de forma e, portanto, aumenta o custo e prejudica o desempenho do submersível.

Assim, a maioria dos submarinos atuais operam com reserva de flutuabilidade da ordem de 10 a 15%.

Deve-se procurar distribuir os tanques de lastro ao longo do comprimento do submarino, de forma que o centro de gravidade resultante desse lastro caia sobre a mesma vertical que o centro da reserva de flutuabilidade. Na seção 6 é apresentado um método para análise de equilíbrio na superfície e determinação dos volumes dos tanques de lastro, permitindo escolher a distribuição mais adequada dos tanques de lastro.

5.3. Determinação dos Volumes dos Tanques de Trim e Compensação.

Os tanques de trim e compensação devem ter volume suficiente e estar dispostos de maneira adequada a equilibrar o submersível em todas as possíveis condições de carregamento que ele possa experimentar, quando submerso.

Essas condições são definidas em normas, com base empírica, como na norma BV.1033.1 [10]. Elas levam em conta a experiência na operação de submersíveis, sendo definidas de modo a abranger com segurança todas as possíveis condições que serão encontradas, sem no entanto estabelecer condições extremamente rigorosas que provoquem superdimensionamento do volume desses tanques, afetando o desempenho e o custo do submersível. Assim, por exemplo, não é de se esperar que,

durante uma missão, se consumam todos os víveres sem que seja consumida quantidade significativa de óleo combustível (notar que o óleo combustível é substituído por água do mar, mais densa, à medida que ele vai sendo consumido), o que induziria a uma condição de peso extremamente baixo e irreal. Nem é de se esperar que se encontre água com densidade mínima a uma grande profundidade, o que induziria a uma condição de deslocamento extremamente baixo e irreal.

A Tabela 5.1 apresenta um resumo das condições de carregamento estabelecidas pela norma BV-1033.1 {10}, para as quais deve-se verificar se os tanques de compensação e trim equilibram o submersível. A tabela é aplicável a submersíveis de propulsão Diesel-Elétrica. Os valores tabelados indicam as percentagens consumidas para cada um dos itens que devem ser considerados.

5.4. Polígono de Equilíbrio.

O polígono de equilíbrio é uma ferramenta bastante útil na visualização da capacidade que o submersível tem de, alagando-se ou esgotando-se seus tanques de compensação e trim, atingir o equilíbrio em uma determinada condição de carregamento quando submerso.

O polígono de equilíbrio é construído sobre um sistema de coordenadas no qual a horizontal representa a variação de momento longitudinal e a vertical a variação de peso. Os lados do polígono delimitam as condições extremas de operação que podem ser corrigidas através de ajustes na quantidade de água

dos tanques de trim e compensação. Convencionalmente utiliza-se a água do mar de maior densidade.

ITEM	CASO DE CARREGAMENTO							7A				
	2	2A	3	3A	4	4A	5		5A	6	6A	7
	MÍNIMA ESPECIFICADA		MÁXIMA ESPECIFICADA		MÍNIMA ESPECIFICADA		MÁXIMA ESPECIFICADA		MÍNIMA ESPECIFICADA		MÁXIMA ESPECIFICADA	
DENSIDADE DA ÁGUA DO MAR $\frac{t}{m^3}$	-90%	-90%	-90%	-90%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-90%	-90%	-90%
ÓLEO COMBUSTÍVEL	-90%	-50%	-50%	-50%	-50%	-30%	-30%	-30%	-50%	-50%	-50%	-50%
ÓLEO LUBRIFICANTE	-50%	-50%	-50%	-50%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%
ÁGUA DESTILADA	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%
AR COMPRIMIDO	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%
OXIGÊNIO	-50%	-50%	-50%	-50%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%
AGUADA	-50%	-50%	-50%	-50%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%
PROVISÕES	-50%	-50%	-50%	-50%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%
CONSUMÍVEIS GERAIS (MUNICÕES, ARTEFATOS PIROTECNICOS ,ETC.)	-50%	-50%	-50%	-50%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%
TORPEDOS	TODOS	NENHUM	TODOS	NENHUM	TODOS	NENHUM	TODOS	NENHUM	TODOS	NENHUM	TODOS	NENHUM
ELETROLITO	NORMAL	NORMAL	MÍNIMO	MÍNIMO	NORMAL	NORMAL	MÍNIMO	MÍNIMO	NORMAL	NORMAL	MÍNIMO	MÍNIMO

TABELA 5.1

A figura 5.2 mostra um polígono de equilíbrio típico, para submersíveis cujos tanques de trim funcionam também como tanques de compensação. Ele é construído a partir da origem (0), quando todos os tanques de compensação e trim estão vazios. Enchendo-se todos os tanques em ordem, da proa para a popa, cada lado do polígono representa o enchimento de um tanque: OA representa o enchimento do tanque de compensação e trim de proa; AB o enchimento do tanque de compensação e óleo combustível localizado a vante do centro de empuxo do submarino; BC o enchimento do tanque de compensação localizado próximo ao centro de empuxo do submarino; CD o enchimento do tanque de compensação e óleo combustível localizado a ré do centro de empuxo do submarino e DE o enchimento do tanque de compensação e trim de ré. Do ponto E chega-se novamente à origem esvaziando-se os tanques na mesma sequência, pelo lado esquerdo do polígono.

A linha em traço-ponto indica a eventual presença de um tanque negativo ou tanque de rápida imersão, localizado a vante do centro de empuxo. Ele poderá ser considerado como tanque de compensação, desde que a perda de sua função original (aumento do peso e momento pela proa) seja admissível, em algumas condições especiais (navio extremamente leve em água muito densa). Porém, como já foi dito anteriormente, esse tanque está em desuso atualmente.

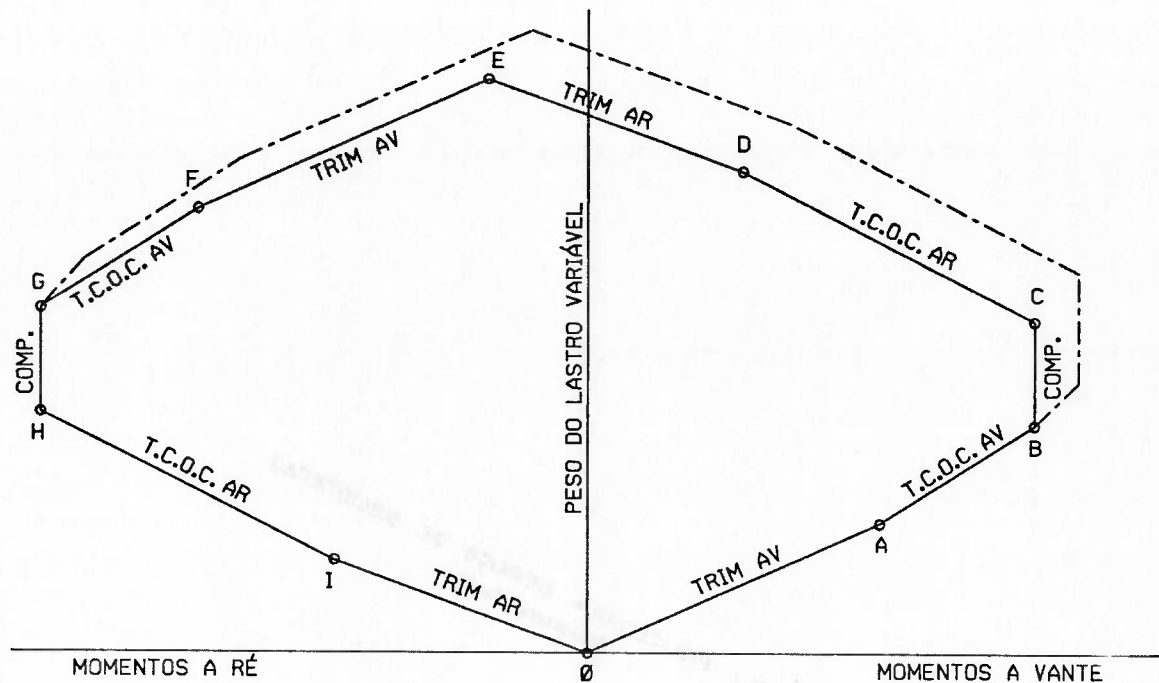


FIGURA 5.2

Uma outra possibilidade de construção do polígono de equilíbrio é apresentada na figura 5.3. Aqui os tanques de trim não operam como tanques de compensação, já que a movimentação de água dos tanques de trim só é feita da proa para a popa e vice-versa, não havendo embarque ou desembarque de água. As linhas IOA e DEF são, portanto, horizontais. Atinge-se os pontos F e I quando os tanques de trim de proa estão totalmente vazios e os de popa totalmente cheios e os pontos A e D quando os tanques de trim de proa estão totalmente cheios e os de popa totalmente vazios.

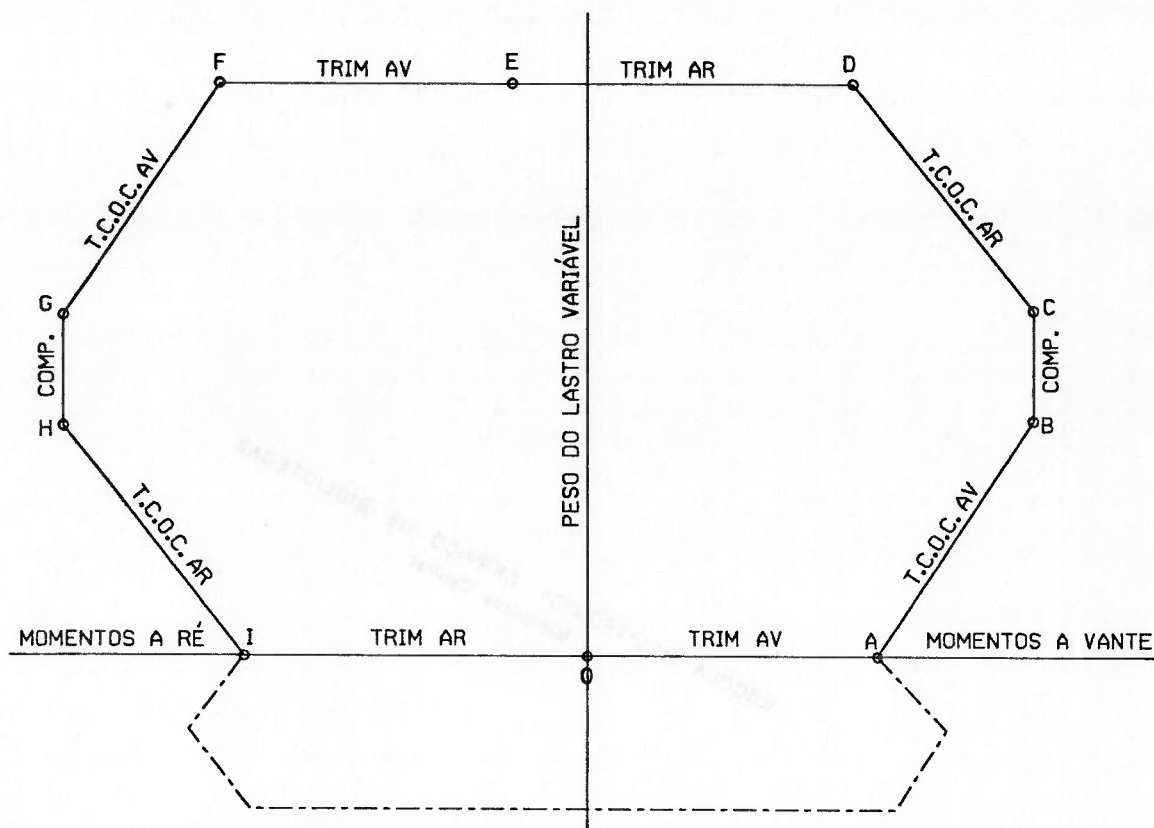


FIGURA 5.3

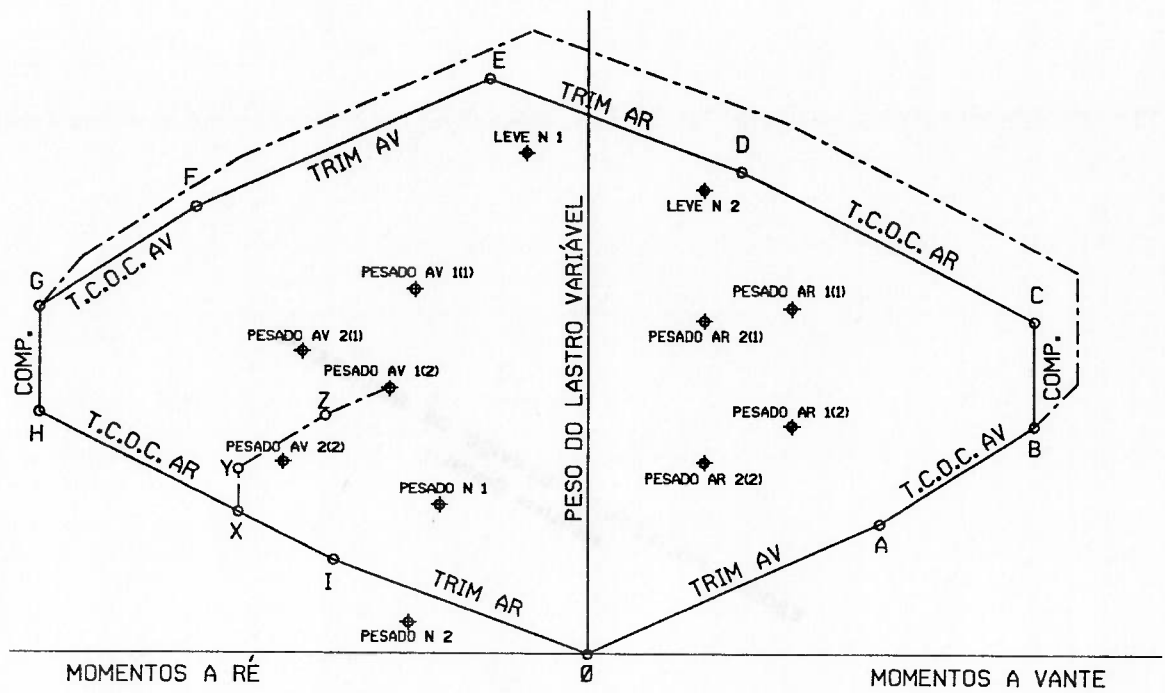
A linha em traço ponto, com lastro variável negativo, indica a eventual utilização de parte dos tanques de óleo combustível e compensação como tanques de compensação. A vantagem da utilização desse recurso, em situações de emergência, está na possibilidade de, eventualmente, se compensar alguma condição mais pesada que a condição inicial.

A utilização do polígono de equilíbrio é bastante simples: basta traçar-se, no polígono de equilíbrio, as necessidades de compensação de cada condição de carregamento analisada. Isto é, coloca-se na vertical, a diferença entre o deslocamento submerso e o peso (por exemplo, quanto mais leve for o submersível e maior for a densidade da água do mar, maior será

a necessidade de compensação) e, na horizontal, o momento necessário para restaurar o momento causado por essa diferença (por exemplo, submersível com a popa mais pesada necessita de momento de restauração positivo, isto é, necessita aumentar seu peso na proa e diminuí-lo na popa).

A figura 5.4 apresenta o mesmo polígono da figura 5.2 onde estão traçadas algumas condições de carregamento. Nota-se que a "Condição Pesada No. 2" não poderá ser compensada pelo sistema de trim e compensação, já que ela cai fora do polígono de equilíbrio, enquanto as demais condições são atendidas, inclusive a "Condição Leve No. 2" que está próxima do limite do polígono.

Existem diversas formas de se atingir o equilíbrio em uma determinada condição de carregamento. Para se chegar, por exemplo, ao equilíbrio na "Condição Pesada a Vante No. 1", pode-se encher totalmente o tanque de trim a ré (OI), parcialmente os tanques de compensação e óleo combustível de ré (IX) e de vante (YZ), parcialmente o tanque de compensação localizado próximo ao centro de flutuação (XY) e também parcialmente o tanque de trim de vante (Z-"Condição Pesada a Vante No. 1").



DENSIDADE DA ÁGUA DE LASTRO: (1) 1030 KG/M3
 (2) 1018 KG/M3

FIGURA 5.4

6. ANALISE DO EQUILIBRIO NA SUPERFICIE

Após a determinação da condição de equilíbrio submerso, isto é, da determinação dos lastros de comissionamento e permanente, pode-se determinar a condição de equilíbrio na superfície e verificar se os volumes dos tanques de lastro estão adequadamente distribuídos ao longo do comprimento do submersível.

A análise do equilíbrio na superfície é feita da mesma forma que para navios de superfície, ou seja, determina-se o calado e o trim do submersível a partir do deslocamento na superfície.

O programa EQSUB foi elaborado, como parte desta dissertação, com o objetivo de fazer a análise da condição de equilíbrio de submersíveis na superfície.

A listagem do programa encontra-se no ANEXO A. O programa é iterativo e de fácil utilização.

Este programa é de especial utilidade nas fases iniciais de projeto quando se deseja obter as dimensões principais e formas do casco, levando-se em conta a necessidade de lastro a vante e a ré, para que o submersível navegue em condições adequadas, na superfície, com a reserva de flutuabilidade requerida.

Na versão apresentada o programa considera apenas a aplicação em submersíveis de corpo axi-simétrico. Esta condição de contorno é bastante razoável quando se considera que a grande maioria dos submarinos modernos de aplicação militar são mono-hélices de casco simples. Estes submarinos são, portanto,

corpos de revolução nas regiões dos casco resistente (casco simples) e no corpo de popa (mono-hélice). O corpo de proa quando não é totalmente corpo de revolução, normalmente o é na região abaixo da linha d'água de submersão. Isto é, a condição de equilíbrio na superfície não é afetada por eventuais diferenças que o casco hidrodinâmico possa ter na região acima da linha d'água no corpo de vante de um corpo axi-simétrico. Poderá haver um pequeno erro no volume calculado para o tanque de lastro de vante, caso este tanque atinja a região onde não há axi-simetria.

O programa trabalha dividindo o casco em três partes distintas: corpo de proa, corpo paralelo médio e corpo de popa (Fig. 6.1). Todos os cálculos efetuados no plano transversal (determinação da meia-boca, área de baliza, altura do centro de área) são feitos precisamente através de formulações trigonométricas. As integrações na direção longitudinal são efetuadas considerando-se a 1ª. Regra de Simpson. Não são considerados os apêndices do casco hidrodinâmico (lemes, profundores, vela, mastros, superestrutura, equipamentos na superestrutura, etc.), pois a maior parte deles normalmente está localizada acima da linha d'água de equilíbrio na superfície.

A condição de equilíbrio na superfície é atingida calculando-se o calado e o trim resultantes para o deslocamento na superfície, acrescido do peso da água de eventuais espaços de livre circulação localizados abaixo da linha d'água.

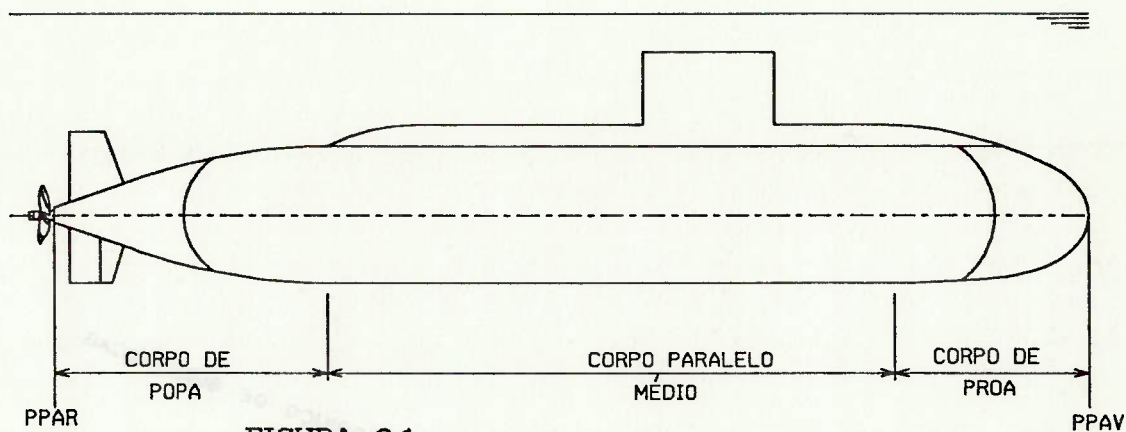


FIGURA 6.1

$$\Delta = N_0 + w_{lp} + w_{li} = \Delta_f + w_{li} \quad (6.1)$$

$$\Delta = N_0 + w_{lp} + w_{ll} = \Delta_f + w_{ll} \quad (6.1)$$

$$l_{cg} = \frac{N_0 \cdot l_{cg_0} + w_{lp} \cdot l_{cg_{lp}} + w_{li} \cdot l_{cg_{li}}}{\Delta} \quad (6.2)$$

$$v_{cg} = \frac{N_0 \cdot v_{cg_0} + w_{lp} \cdot v_{cg_{lp}} + w_{li} \cdot v_{cg_{li}}}{\Delta} \quad (6.3)$$

O casco axi-simétrico pode ser gerado a partir dos perfis dos corpos de proa e popa fornecidos pelo usuário ou através de parâmetros para que o programa faça a geração das formas automaticamente.

A origem de referência para ordenadas verticais é sempre a linha de base, enquanto que para as ordenadas longitudinais a origem é a perpendicular de vante, exceto aonde se considera o

corpo de ré isoladamente (p.e. para entrada e dados do tanque de lastro de popa) quando esta referência é a perpendicular de ré.

6.1. Geração Automática das Formas do Casco.

A geração automática é feita utilizando-se as formas recomendadas na referência {12}, ou seja a de perfil NACA 0014.2 para o corpo de proa e cone-parábola para o corpo de popa. Assumiu-se essas formas básicas para geração automática, através da subrotina GENFOH, pois são as formas que apresentam maiores vantagens, do ponto de vista da resistência hidrodinâmica, como pode-se constatar na referência {12}. Porém, caso se deseje testar outras formas, como por exemplo a parabólica para o corpo de popa ou semi-esfera-cone-cilindro para o corpo de proa, para se conseguir menor comprimento do casco ou maior facilidade de construção, pode-se fornecer os perfis de proa e popa diretamente, ou introduzir nova subrotina no programa para a geração, sem maiores dificuldades.

6.1.1. Corpo de Proa Conforme NACA 0014.2.

O corpo de proa conforme NACA 0014.2 é um corpo de revolução que utiliza como perfil de geração o bordo de ataque de um perfil da série NACA 0014.2-NNN.XX, com razão espessura-corda igual a $1/7$ {12}, onde (NNN) é a razão, em percentagem, entre o raio do nariz do perfil utilizado e o do NACA padrão e (XX) é a posição da espessura máxima em percentagem da corda, a partir da extremidade do bordo de ataque.

Conforme a referência [13], considerando o perfil NACA modificado de 4 dígitos (figura 6.2), as expressões que definem as razões das ordenadas do perfil de geração em relação à corda são dadas por:

. bordo de ataque:

$$y_1(x) = a_0 \cdot \sqrt{x} + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3, \quad 0 \leq x \leq m \quad (6.4)$$

. bordo de fuga:

$$y_2(x) = d_0 + d_1 \cdot (1-x) + d_2 \cdot (1-x)^2 + d_3 \cdot (1-x)^3, \quad m \leq x \leq 1 \quad (6.5)$$

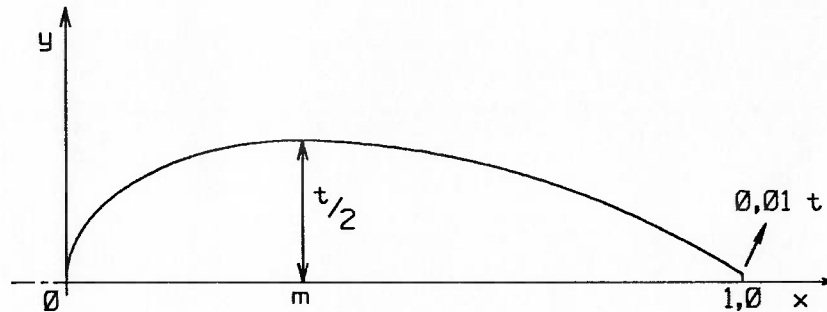


FIGURA 6.2

Das condições de contorno para o bordo de fuga:

. espessura máxima (t) ocorre em $x = m$ (m pode variar de 0,10 a 0,20 [12]):

$$d_0 + d_1 \cdot (1 - m) + d_2 \cdot (1 - m)^2 + d_3 \cdot (1 - m)^3 = \frac{t}{2} \quad (6.6)$$

. primeira derivada é nula em $x = m$:

$$\frac{dy_2(x)}{dx} = -d_1 - 2 \cdot d_2 \cdot (1-x) - 3 \cdot d_3 \cdot (1-x)^2$$

$$\frac{dy_2(m)}{dx} = -d_1 - 2 \cdot d_2 \cdot (1-m) - 3 \cdot d_3 \cdot (1-m)^2 = 0 \quad (6.7)$$

. ordenada no bordo de fuga ($x = 1$) é definida como 1% da espessura máxima:

$$y_2(1) = d_0 = 0,01 \cdot t \quad (6.8)$$

. primeira derivada em $x = 1$ é dada pela seguinte expressão, em função de (m):

$$\frac{dy_2(1)}{dx} = k(m) \cdot t = -d_1 \quad (6.9)$$

$$k(m) = 12,500 \cdot m^4 - 35,833 \cdot m^3 + 13,625 \cdot m^2 - 2,517 \cdot m - 0,775$$

A equação acima foi obtida através da regressão polinomial pelo método dos mínimos quadrados, a partir dos valores fornecidos para $dy(x)/dx$ como função de (m) na referência {13}. Nesta referência o valor mínimo de (m) utilizado foi 0,2 enquanto a referência {12} utiliza-se (m) a partir de 0,1. Considerou-se neste trabalho, a equação acima é válida para valores de (m) entre 0,1 e 0,2.

A partir das equações 6.6 a 6.9 determinam-se os parâmetros d_2 e d_3 , que serão utilizados para determinação dos parâmetros (a_1) do bordo de ataque:

$$d_2 = \frac{t \cdot [1.47 + 2 \cdot k(m) \cdot (1-m)]}{(1-m)^2} \quad (6.10)$$

$$d_3 = \frac{-t \cdot [0.98 + k(m) \cdot (1-m)]}{(1-m)^3} \quad (6.11)$$

Pode-se determinar os coeficientes (a_i) impondo-se as condições de contorno para bordo de ataque:

. espessura máxima (t) ocorre em $x = m$:

$$\frac{t}{2} = a_0 \cdot \sqrt{m} + a_1 \cdot m + a_2 \cdot m^2 + a_3 \cdot m^3 \quad (6.12)$$

. primeira derivada é nula em $x = m$:

$$\frac{dy_1(x)}{dx} = \frac{a_0}{2 \cdot \sqrt{x}} + a_1 + 2 \cdot a_2 \cdot x + 3 \cdot a_3 \cdot x^2 \quad (6.13)$$

$$\frac{a_0}{2 \cdot \sqrt{m}} + a_1 + 2 \cdot a_2 \cdot m + 3 \cdot a_3 \cdot m^2 = 0$$

. A razão do raio do bordo de ataque em relação à corda (r) = $a_0/2$ é dada por:

$$r = 1,1019 \cdot \left(\frac{t \cdot I}{6} \right)^2 \quad (6.14)$$

$$\text{onde, } I = 6 \cdot \sqrt{\frac{NNN}{100}}$$

OBS.: Segundo a referência {13}, (I) deve ser menor ou igual a 8. Porém, utilizando-se os valores indicados para (NNN) na referência {12}, ou seja $100 \leq \text{NNN} \leq 500$, tem-se $6 \leq I \leq 13,4$. Foram adotados os limites da referência {12}.

. Raio de curvatura no ponto de máxima espessura do bordo de ataque é igual ao do bordo de fuga:

$$\frac{1}{\frac{d^2 y_1(m)}{dx^2}} = \frac{1}{\frac{d^2 y_2(m)}{dx^2}}$$

$$-\frac{a_0}{4 \sqrt{n^3}} + 2 \cdot a_2 + 6 \cdot a_3 \cdot m = 2 \cdot d_2 + 6 \cdot d_3 \cdot (1-m) \quad (6.15)$$

Das equações 6.12 a 6.15, pode-se determinar os coeficientes a_0 , a_1 , a_2 e a_3

$$a_0 = 1.4845 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{\text{NNN}}{100}} \quad (6.16)$$

$$a_1 = \frac{1,5 \cdot n^2 \cdot t + n^4 \cdot (d_2 + 3 \cdot d_3 \cdot (1-m)) - 1,875 \cdot a_0 \cdot \sqrt{n^5}}{n^3} \quad (6.17)$$

$$a_2 = \frac{1,25 \cdot a_0 \cdot \sqrt{n^3} - 1,5 \cdot m \cdot t - 2 \cdot n^2 \cdot (d_2 + 3 \cdot d_3 \cdot (1-m))}{n^3} \quad (6.18)$$

$$a_3 = \frac{0,5 \cdot t + n^2 \cdot (d_2 + 3 \cdot d_3 \cdot (1-m)) - 0,375 \cdot a_0 \cdot \sqrt{n}}{n^3} \quad (6.19)$$

6.1.2. Corpo de Popa.

O corpo de popa cone-parábola é definido em duas partes, conforme figura 6.3.

A expressão que define a geratriz da parte cônica do corpo de ré é dada por:

$$y(x) = x \cdot \tan \theta + r_{\text{bossa}}, \quad 0 \leq y \leq \frac{\phi}{4} \quad (6.20)$$

$x = 0$ na PPAR

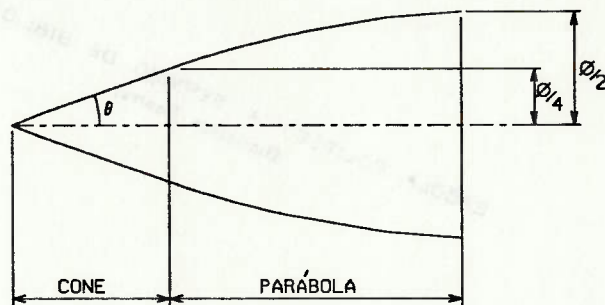


FIGURA 6.3

A expressão que define as ordenadas da parábola geradora do corpo de ré é dada por:

$$y(x) = \frac{\phi}{2} \cdot \left[-0,125 + 1,5 \cdot \left(\frac{2x}{\phi} \right) \cdot \tan \theta - 0,5 \cdot \left(\frac{2x}{\phi} \right)^2 \cdot \tan^2 \theta \right] + r_{\text{bossa}} \quad \frac{\phi}{4} \leq y \leq \frac{\phi}{2} \quad (6.21)$$

6.2. Cálculo dos Volumes e Posições dos Centros de Carena dos Tanques de Lastro.

Como o programa considera submersíveis do tipo casco simples e mono-hélices, os tanques de lastro podem ser separados em tanques de lastro de proa e popa. Os cálculos são feitos de maneira análoga para os tanques de lastro de proa e de popa, considerando-se as perpendiculares de vante e de ré como referência, respectivamente.

O volume e a posição do centro de carena do tanque de lastro são calculados considerando-se, ao longo do comprimento do tanque de lastro, o volume do casco hidrodinâmico debitados os volumes do casco resistente, dos compartimentos de livre circulação e dos componentes que estejam instalados internamente aos tanques de lastro.

6.2.1. Volume do Casco Resistente Internamente ao Tanque de Lastro. Comprimento do Tanque de Lastro.

Tanto para o tanque de lastro de proa como para o tanque de lastro de popa, o seu comprimento é calculado a partir dos dados utilizados nos cálculos do volume e da posição do centro de carena do casco resistente internamente ao tanque de lastro.

Considere a figura 6.4, onde está representada a região de um tanque de lastro de proa típico. As equações abaixo podem ser aplicadas diretamente aos tanques de lastro de popa usando-se como referência a PPAR. Pode-se definir o comprimento do tanque de lastro como:

$$l_{tql} = l_0 + \sum_{i=1}^n l_i \quad (6.22)$$

Onde l_i é o comprimento da calota ou do i -ésimo segmento cônico ou cilíndrico do casco resistente internamente aos tanques de lastro.

Deve-se entrar com os dados de cada segmento em ordem, a partir da perpendicular de referência (PPAV para o tanque de lastro de proa e PPAR para o tanque de lastro de popa), para o cálculo da posição longitudinal do centro de gravidade.

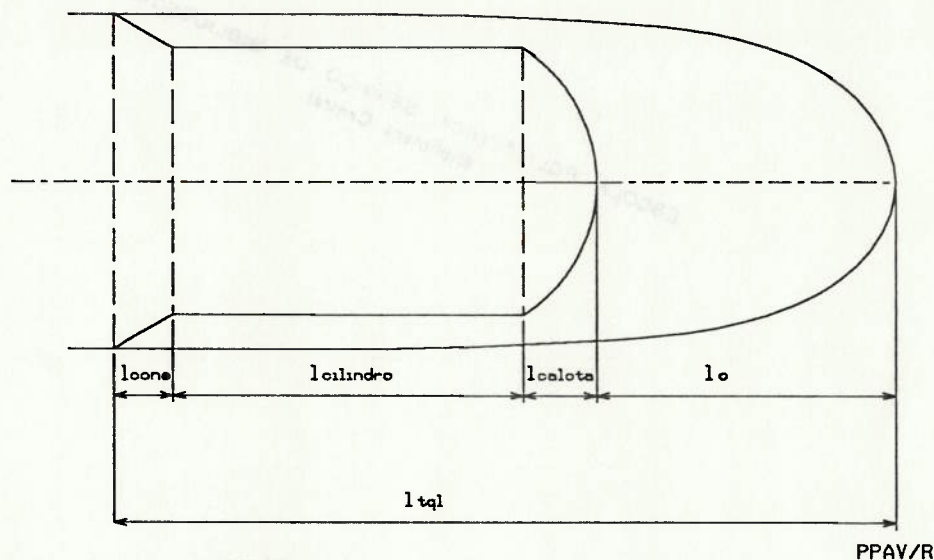


FIGURA 6.4

O volume do casco resistente internamente ao tanque de lastro é dado por:

$$v_{cr} = \sum_{i=1}^n v_i \quad (6.23)$$

Posição longitudinal do centro de carena do casco resistente na região dos tanques de lastro:

$$lcb_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot lcb_i}{v_{cr}} \quad (6.24)$$

Onde v_i e lcb_i são, respectivamente, o volume e a posição do centro de carena da calota ou do i -ésimo segmento cônico ou cilíndrico do casco resistente.

Posição vertical do centro de carena do casco resistente na região dos tanques de lastro. Como se trata de casco axi-simétrico:

$$vcb_{cr} = \frac{\phi}{2} \quad (6.25)$$

Os segmentos de casco resistente são de três formas básicas: calota esférica, cilindro ou tronco de cone. A seguir apresentamos as equações que determinam o comprimento, o volume e o centro de carena desses segmentos considerando-se o tanque de lastro de proa. As equações para o tanque de lastro de popa são iguais, desde que se utilize a PPAR como referência em lugar da PPAV.

6.2.1.1. Calota.

$$l_{ca} = r_c - \sqrt{r_c^2 - r_b^2} \quad (6.26)$$

$$v_{ca} = \frac{\pi}{6} \cdot l_{ca} \cdot \left(3 \cdot r_b^2 + l_{ca}^2 \right) \quad (6.27)$$

$$l_{cb_{ca}} = l_0 + r_c - \frac{3 \cdot (2 \cdot r_c - l_{ca})^2}{4 \cdot (3 \cdot r_c - l_{ca})} \quad (6.28)$$

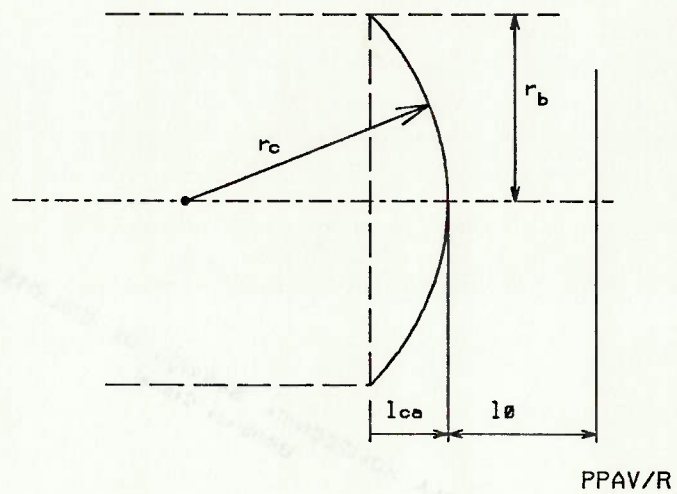


FIGURA 6.5

6.2.1.2. Tronco de Cone.

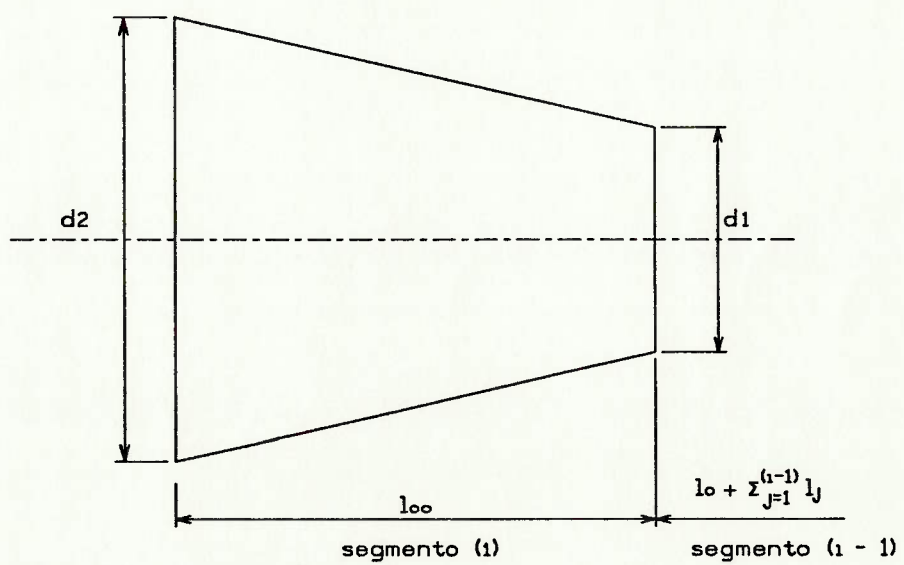


FIGURA 6.6

$$V_{co} = \frac{\pi}{12} \cdot (d_1^2 + d_2^2 + d_1 \cdot d_2) \cdot l_{co} \quad (6.29)$$

$$lch_{co} = l_o + \sum_{j=1}^{(i-1)} l_j + l_{co} - \frac{l_{co}}{4} \cdot \frac{d_2^2 + 2 \cdot d_1 \cdot d_2 + 3 \cdot d_1^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_1 \cdot d_2} \quad (6.30)$$

6.2.1.3. Cilindro.

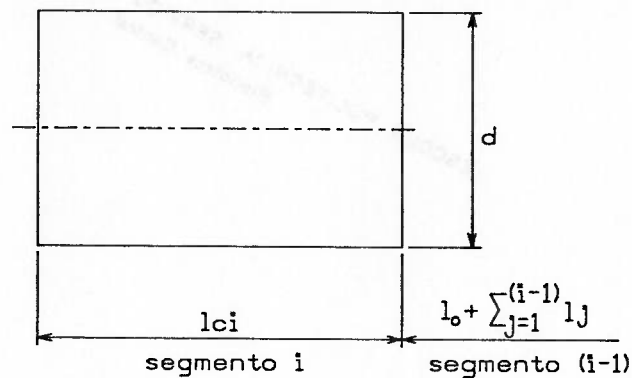


FIGURA 6.7

$$V_{ct} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot l_{ct} \quad (6.31)$$

$$lch_{ct} = l_o + \sum_{j=1}^{(i-1)} l_j + \frac{l_{ct}}{2} \quad (6.32)$$

Tanques de lastro instalados na parte central do casco resistente, como mostrado na figura 6.8 podem ser calculados desde que se considere a parte do casco resistente que coincide

com o casco hidrodinâmico como segmentos cônicos e cilíndricos de casco resistente internos ao tanque de lastro, conforme ilustra a figura. No entanto, a integração do casco hidrodinâmico feita pelo programa considera a forma hidrodinâmica do casco. A precisão no resultado depende da similaridade de forma entre o tronco de cone e o casco hidrodinâmico, ou seja, do número de cones que se defina.

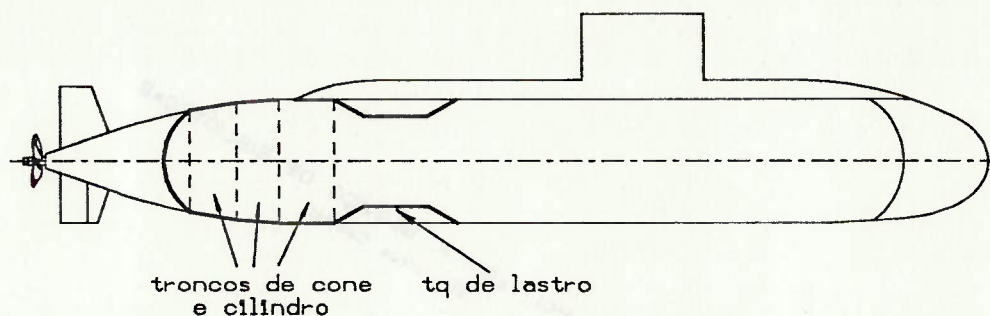


FIGURA 6.8

6.2.2. Volume dos Compartimentos que são Livre Circulação de Água.

Por necessidade construtiva, diversos compartimentos internos aos tanques de lastro são de livre circulação de água do mar, isto é, estão em permanente comunicação com o meio externo. Entre esses espaços estão: o compartimento que aloja o sonar, tubos do escovem, paiol de amarras, tubo telescópico e outros. O Programa EQSUB aceita 3 (três) formas típicas desses compartimentos: cilindros, segmento de cunhas e segmento de casco, além de permitir a entrada direta do seu volume e das

posições vertical e longitudinal do centro de carena. Esses volumes podem ser definidos também como "negativos", de maneira que compostos com outras formas possam atender uma variedade maior de formas geométricas. Opcionalmente pode-se fornecer esses dados como percentagem do volume bruto dos tanques de lastro, onde volume bruto representa o volume do casco hidrodinâmico debitado o casco resistente na região do tanque de lastro.

Tanto para o tanque de lastro de proa como de popa, é calculada a resultante da somatória dos números de compartimentos de livre circulação, ou seja:

$$v_{ll} = \sum_{i=1}^n v_i \quad (6.33)$$

$$lcb_{ll} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot lcb_i}{v_{ll}} \quad (6.34)$$

$$vcb_{ll} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot vcb_i}{v_{ll}} \quad (6.35)$$

Onde v_i , lcb_i e vcb_i são, respectivamente, o volume e as posições longitudinal e vertical do centro de carena do i -ésimo compartimento de livre circulação.

A seguir são apresentadas as equações que determinam o volume e o centro de carena dos compartimentos típicos de casco:

6.2.2.1. Cilindro.

Considere o Cilindro de Diâmetro (d) e Comprimento (l) localizado dentro do tanque de lastro, conforme figura 6.9.

$$v_{ct} = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot l \quad (6.36)$$

$$lch_{ci} = l_o + \frac{1}{2} \cos \beta \cdot \sin \psi \quad (6.37)$$

$$vch_{ci} = v_o + \frac{1}{2} \cos \psi \quad (6.38)$$

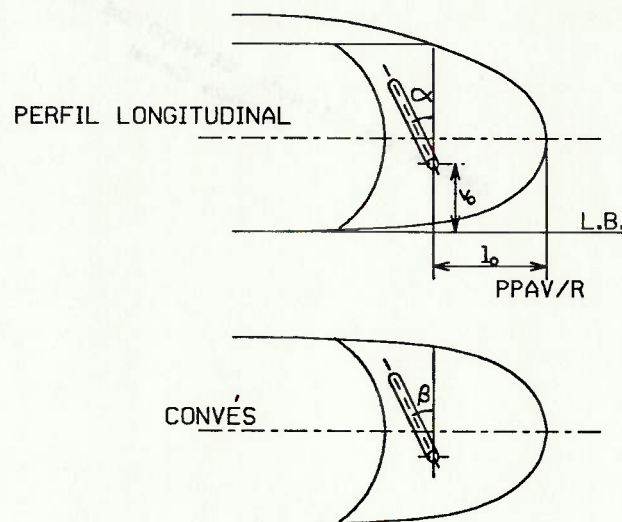


FIGURA 6.9

Onde β é o ângulo entre a projeção da linha de centro do cilindro no plano base e a linha de base e ψ o ângulo entre a linha de centro do cilindro e o eixo vertical.

6.2.2.2. Compartimento Tipo Segmento de Cunha.

O compartimento tipo segmento de cunha deve ser definido por um convés (plano horizontal), duas anteparas transversais e duas longitudinais. O compartimento tipo segmento de cunha pode ser utilizado como paralelepípedo, basta que as duas alturas (h_1) e (h_2) sejam iguais.

$$v_{cu} = l \cdot b \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \quad (6.39)$$

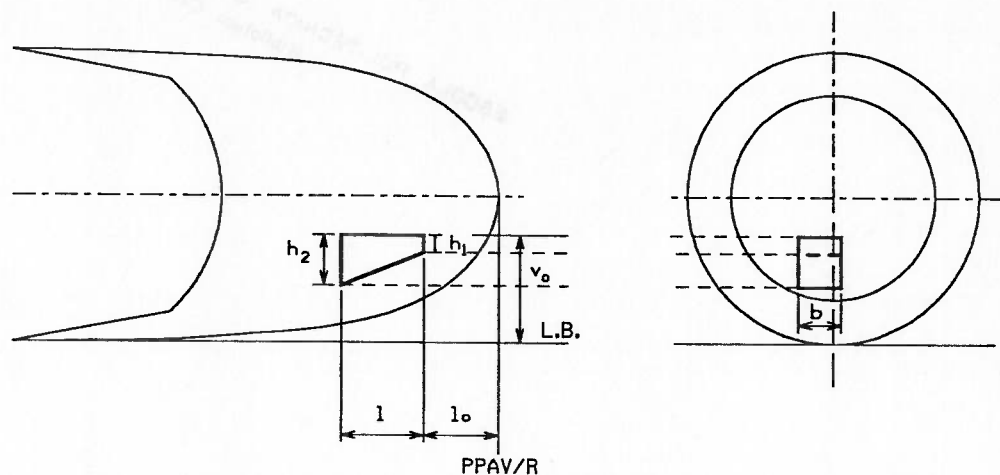


FIGURA 6.10

Se o lado menor da cunha está mais próximo da perpendicular de referência:

$$lcb_{cu} = l_0 + \frac{h_1 \cdot l + \frac{2}{3} \cdot l \cdot (h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} \quad (6.40)$$

Se o lado maior da cunha está mais próximo da perpendicular de referência:

$$lcb_{cu} = l_o + \frac{h_2 \cdot l + \frac{1}{3} \cdot l \cdot (h_1 - h_2)}{h_1 + h_2} \quad (6.41)$$

Se a cunha está sobre o convés:

$$vcb_{cu} = v_o + \frac{4 \cdot h_1^2 - 2 \cdot h_1 \cdot h_2 + h_2^2}{3 \cdot (h_1 + h_2)}, \quad h_2 > h_1 \quad (6.42)$$

Se a cunha está sob o convés:

$$vcb_{cu} = v_o - \frac{4 \cdot h_1^2 - 2 \cdot h_1 \cdot h_2 + h_2^2}{3 \cdot (h_1 + h_2)}, \quad h_2 > h_1 \quad (6.43)$$

6.2.2.3. Compartimento tipo segmento de casco.

É um compartimento definido por um convés, um trecho do casco hidrodinâmico e no máximo duas anteparas longitudinais e duas anteparas transversais. Para o trecho do casco pode-se fornecer o perfil do casco hidrodinâmico na região do segmento ou, caso tenha-se optado pela geração automática, o programa irá calcular esse perfil. A integração na longitudinal é feita de acordo com a primeira regra de Simpson. São utilizadas 13 balizas para os segmentos de casco da proa e 11 para os da popa.

Considere-se o compartimento de livre circulação do tipo segmento de casco situado abaixo do convés, como mostra a figura 6.11.

A área da i -ésima seção do segmento é dividida em duas partes, a primeira formada pelo retângulo de lados (b) e (h_1) e a segunda formada pelo segmento de círculo de raio (r_1) e corda (b) .

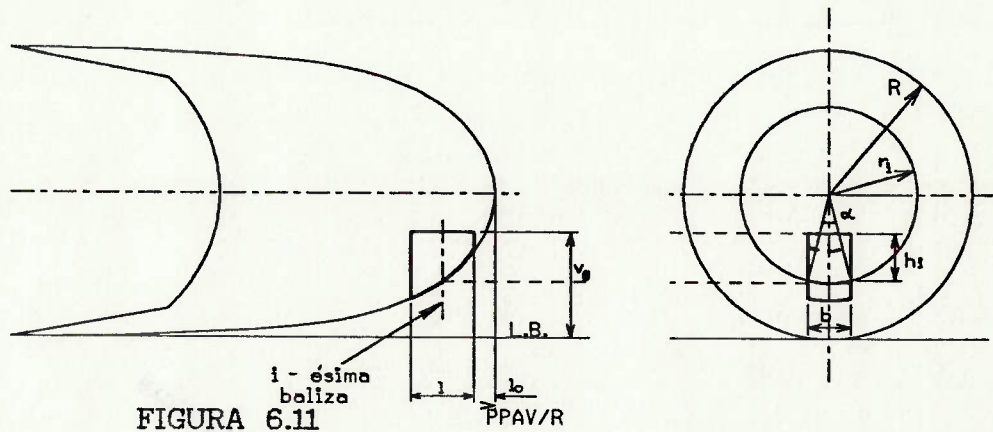


FIGURA 6.11

. área da i -ésima seção do segmento de casco:

$$a_i = h_i \cdot b + r_i^2 \cdot \frac{(\alpha_i - \sin \alpha_i)}{2} \quad (6.44)$$

onde, $\alpha_i = 2 \cdot \arcsin \frac{b}{2 \cdot r_i}$, se $v_o - h_i \leq R$

$\alpha_i = 2\pi - 2 \cdot \arcsin \frac{b}{2 \cdot r_i}$, se $v_o - h_i > R$

. altura do centro de área da i -ésima seção do segmento do casco:

$$v_o a_i \cdot a_i = h_i \cdot b \cdot \left[v_o - \frac{h_i}{2} \right] + v_i \cdot r_i^2 \cdot \frac{(\alpha_i - \sin \alpha_i)}{2} \quad (6.45)$$

onde, $v_i = R - \frac{\frac{4}{3} \cdot r_i \cdot \sin^3 \frac{\alpha_i}{2}}{\alpha_i - \sin \alpha_i}$

Integrando-se na direção longitudinal, tem-se, para o segmento de casco:

$$v_{se} = \frac{1}{3} \cdot \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot c_i \right) \cdot \frac{1}{10} \quad (6.46)$$

Onde c_i é o i -ésimo coeficiente da 1ª regra de Simpson.

Posição longitudinal do centro de carena do segmento de casco:

$$lcb_{se} = \frac{\frac{1}{3} \cdot \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot \left(l_0 + \frac{sta_i}{10} \cdot 1 \right) \cdot c_i \right) \cdot \frac{1}{10}}{v_{se}} \quad (6.47)$$

Posição vertical do centro de carena do segmento de casco:

$$vcb_{se} = \frac{\frac{1}{3} \left(\sum_{i=1}^n vca_i \cdot a_i \cdot c_i \right) \cdot \frac{1}{10}}{v_{se}} \quad (6.48)$$

De maneira análoga pode-se deduzir as expressões para o volume e as coordenadas longitudinal e vertical do centro de carena dos compartimentos de livre circulação tipo segmento de casco que estejam situados sobre o convés. O programa EQSUB aceita também esse tipo de compartimento.

6.2.3. Volumes dos Componentes Internos ao Tanque de Lastro.

Deve-se debitar do volume dos tanques de lastro os componentes que eventualmente estejam instalados internamente aos tanques de lastro, como cilindros de ar comprimido e oxigênio entre outros. Pode-se entrar com seus volumes e posição do centro de carena ou com as diversas formas descritas para a livre circulação em 6.2.2: cilindro ou segmento de cunha ou segmento de casco.

De maneira análoga ao item 6.2.2:

$$v_{cn} = \sum_{i=1}^n v_i \quad (6.49)$$

$$lcb_{cn} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot lcb_i}{v_{cn}} \quad (6.50)$$

$$vcb_{cn} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot v_{cbi}}{v_{cn}} \quad (6.51)$$

Onde (v_i) é o volume do i -ésimo componente interno ao tanque de lastro e (lcb_i) e (vcb_i) as coordenadas longitudinal e vertical de seu centro de carena, respectivamente. Eles podem ser obtidos através das equações 6.36 a 6.48.

6.3. Deslocamento Utilizado na Análise do Equilíbrio na Superfície.

Ao deslocamento na superfície, conforme definido em 3.1.3, adiciona-se o peso da água que está embarcada nos espaços de livre circulação abaixo da linha d'água, conforme equações 6.1 a 6.3.

O peso e as coordenadas longitudinal e vertical do centro de carena da água de livre circulação a ser acrescentada ao deslocamento na superfície são dadas por:

$$w_{li} = \sum_{i=1}^n \left[v_i - \sum_{j=1}^m v_j \right] \cdot \gamma \quad (6.52)$$

$$lcg_{li} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[v_i \cdot lcb_i - \sum_{j=1}^m v_j \cdot lcb_j \right]}{v_{li}} \quad (6.53)$$

$$v_{cg_{li}} = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i \cdot v_{ob_i} - \sum_{j=1}^m v_{ji} \cdot v_{ob_{ji}})}{v_{li}} \quad (6.54)$$

Onde, (v_i) é o volume do i -ésimo compartimento de livre circulação dos tanques de lastro e (v_j) é o volume do j -ésimo componente instalado dentro do i -ésimo compartimento de livre circulação.

6.4. Determinação da Condição de Equilíbrio na Superfície.

O processo para determinação do calado de equilíbrio é iterativo e o método de solução utilizado é o de interpolação linear.

O trim é determinado com base na altura metacêntrica longitudinal (GM_1) e, portanto, é válido apenas para pequenos ângulos de inclinação (até 2° ou 3°). Para ângulos de trim superiores a 3° , o erro embutido nos cálculos é significativo. Porém não é de se esperar que o submersível opere na superfície com trim superior a $2^\circ 30'$. Caso se obtenha trim superior a $2^\circ 30'$ é necessário fazer-se alterações nas formas de proa e popa para que ele caia na faixa desejada.

6.4.1. Determinação do Calado e Trim.

O calado inicial adotado é de 80% do diâmetro máximo

$$h_1 = 0,8 \cdot \phi \quad (6.55)$$

Para o calado inicial através da subrotina HIDRO1, como descrito em 6.4.2. calculam-se o volume do deslocamento e a área da linha d'água correspondente ao calado (h_1).

O novo valor do calado (h_2) é dado por:

$$h_2 = h_1 + \frac{\frac{\Delta}{\gamma} - V_1}{A_{ul}} \quad (6.56)$$

É calculado o volume do deslocamento correspondente ao calado (h_2). O calado (h) final é calculado interpolando-se linearmente os dois calados anteriores.

$$h = h_2 + \frac{\frac{\Delta}{\gamma} - V_2}{(V_2 - V_1)} \quad (6.57)$$

O processo de interpolação linear do calado, iniciado na equação 5.56, é repetido até que seja satisfeita a condição abaixo:

$$\left| V_n - \frac{\Delta}{\gamma} \right| \leq 0,01 \text{ m}^3 \quad (6.58)$$

Angulo de Trim é dado por {14}:

$$\text{Trim} = \arcsin \frac{\text{log} - \text{lcb}}{GM_1} \quad (6.59)$$

O trim positivo indica trim pela popa.

Onde, (log) conforme equação 6.2 e (lcb) e (GM_1) conforme o item 6.4.2.

6.4.2. Propriedades Hidrostáticas das Obras Vivas.

Como citado no início desta seção, divide-se o casco em três corpos (proa, popa e paralelo médio). As propriedades hidrostáticas da parte submersa das balizas são calculadas através de expressões trigonométricas. Considere-se uma baliza (i) qualquer localizada a uma distância x_1 da perpendicular de referência como mostra a Figura 6.12.

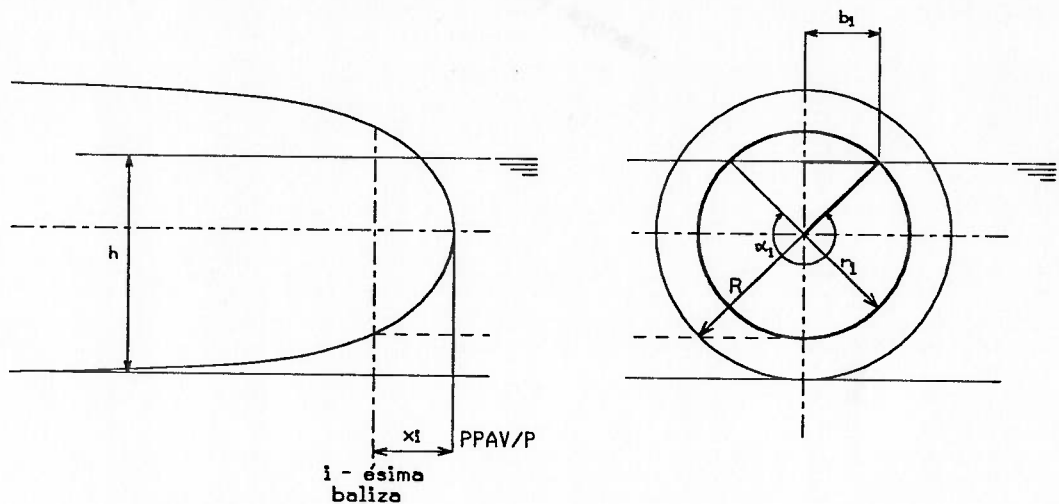


FIGURA 6.12

A meia boca, na linha d'água de calado (h) da baliza (i) é dada por:

$$b_i = \sqrt{r_i^2 - (h - R)^2} \quad , \quad r_i > h - R \quad (6.60)$$

$$b_i = B_0 \quad , \quad \text{se } r_i = R$$

$$b_i = 0 \quad , \quad \text{se } r_i \leq |h - R|$$

A área da seção da baliza (i), abaixo da linha d'água (h) é dada por:

$$a_i = \frac{1}{2} \cdot r_i^2 \cdot (\alpha_i - \sin \alpha_i) \quad (6.61)$$

$$a_i = A_0, \text{ se } r_i = R$$

Altura do centro da área:

$$vca_i = R - \frac{4}{3} \cdot \frac{r_i \cdot \sin^3 \frac{\alpha_i}{2}}{\alpha_i - \sin \alpha_i} \quad (6.62)$$

$$vca_i = V_0, \text{ se } r_i = R$$

$$\text{onde, } \alpha_i = 2 \cdot \arcsin \frac{h_i}{r_i}, \text{ se } h \leq R$$

$$\alpha_i = 2 \cdot \pi - 2 \cdot \arcsin \frac{h_i}{r_i}, \text{ se } h > R$$

A integração na direção longitudinal, para o corpo paralelo médio é feita considerando-o como cilindro.

Para os corpos de proa e popa é feita integração pela 1ª regra de Simpson (13 balizas para o corpo de proa e 11 para o de popa) [14].

A área da linha d'água no calado h é dada por:

$$A_{wl} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1_v}{10} \cdot \sum_{i=1}^{13} b_i \cdot c_i + \frac{2}{3} \cdot \frac{1_r}{10} \cdot \sum_{i=14}^{24} b_i \cdot c_i + 2 \cdot B_0 \cdot l_{pm} \quad (6.63)$$

Onde, (lv), (lr) e (lpm), são os comprimentos dos corpos de proa, popa e paralelo médio, respectivamente e (ci) são os coeficientes da 1a. regra de Simpson.

O volume correspondente ao calado (h) é dado por:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{l_v}{10} \cdot \sum_{i=1}^{13} a_i \cdot c_i + \frac{1}{3} \cdot \frac{l_r}{10} \cdot \sum_{i=14}^{24} a_i \cdot c_i + A_0 \cdot l_{pm} \quad (6.64)$$

A posição longitudinal do centro de carena correspondente ao calado (h) é dada por:

$$lob = \frac{\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l_v}{10}\right)^2 \cdot \sum_{i=1}^{13} a_i \cdot sta_i \cdot c_i}{V} + \quad (6.65)$$

$$+ \frac{\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l_r}{10}\right) \cdot \sum_{i=14}^{24} a_i \cdot \left(\frac{sta_i}{10} \cdot l_r + l_v + l_{pm}\right) \cdot c_i + A_0 \cdot \left(l_v + \frac{l_{pm}}{2}\right)}{V}$$

A posição vertical do centro de carena correspondente ao calado (h) é dada por:

$$vcb = \frac{\frac{1}{3} \cdot \frac{l_v}{10} \cdot \sum_{i=1}^{13} a_i \cdot vca_i \cdot c_i + \frac{1}{3} \cdot \frac{l_r}{10} \cdot \sum_{i=14}^{24} a_i \cdot vca_i \cdot c_i}{V} + \frac{A_0 \cdot V_0 \cdot l_{pm}}{V} \quad (6.66)$$

A posição longitudinal do centro de flutuação da linha d'água de calado (h) é dada por:

$$lcf = \frac{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{l_v}{10}\right)^2 \cdot \sum_{i=1}^{18} b_i \cdot sta_i \cdot c_i}{A_{wt}} + \quad (6.67)$$

$$+ \frac{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{l_r}{10}\right) \cdot \sum_{i=14}^{24} b_i \cdot \left(\frac{sta_i}{10} \cdot l_r + l_v + l_{pm}\right) \cdot c_i + 2 \cdot B_0 \cdot \left(\frac{l_{pm}}{2} + l_v\right)}{A_{wt}}$$

O raio metacêntrico longitudinal correspondente ao calado (h) é dado por:

$$BM_L = \frac{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{l_v}{10}\right)^3 \cdot \sum_{i=1}^{18} b_i \cdot sta_i^2 \cdot c_i}{\nabla} + \quad (6.68)$$

$$+ \frac{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{l_r}{10}\right) \cdot \sum_{i=14}^{24} b_i \cdot \left(\frac{sta_i}{10} \cdot l_r + l_v + l_{pm}\right)^2 \cdot c_i + 2 \cdot B_0 \cdot l_{pm} \cdot \left(\frac{l_{pm}}{2} + l_v\right)^2 - A_{wt} \cdot lcf^2}{\nabla}$$

A altura metacêntrica longitudinal correspondente ao calado (h) é dada por:

$$GM_L = vcb + BM_L - vcg \quad (6.69)$$

O raio metacêntrico transversal correspondente ao calado (h) é dado por:

$$BM_t = \frac{\frac{2}{3} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l_v}{10}\right) \cdot \sum_{i=1}^{18} b_i^3 \cdot c_i + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l_r}{10}\right) \cdot \sum_{i=14}^{24} b_i^3 \cdot c_i \right]}{\nabla} +$$

$$+ \frac{\frac{1}{12} \cdot (2 \cdot B_0)^3 \cdot l_{pm}}{\nabla} \quad (6.70)$$

A altura metacêntrica transversal correspondente ao calado (h) é dada por:

$$GM_t = vcb + BM_t - vcg$$

(6.71)

6.5. Estrutura do Programa.

Os diagramas de bloco apresentados a seguir mostram de maneira simplificada a sequência de operações efetuadas pelo programa EQSUB. A listagem do programa EQSUB encontra-se no ANEXO A.

6.5.1. Programa Principal.

No programa principal são lidos os dados principais do casco e calculados os volumes dos tanques de lastro, o calado e o trim conforme 6.4.1, utilizando as subrotinas GENFOH, GEFOR e HIDRO1 (figura 6.13).

PROGRAMA PRINCIPAL

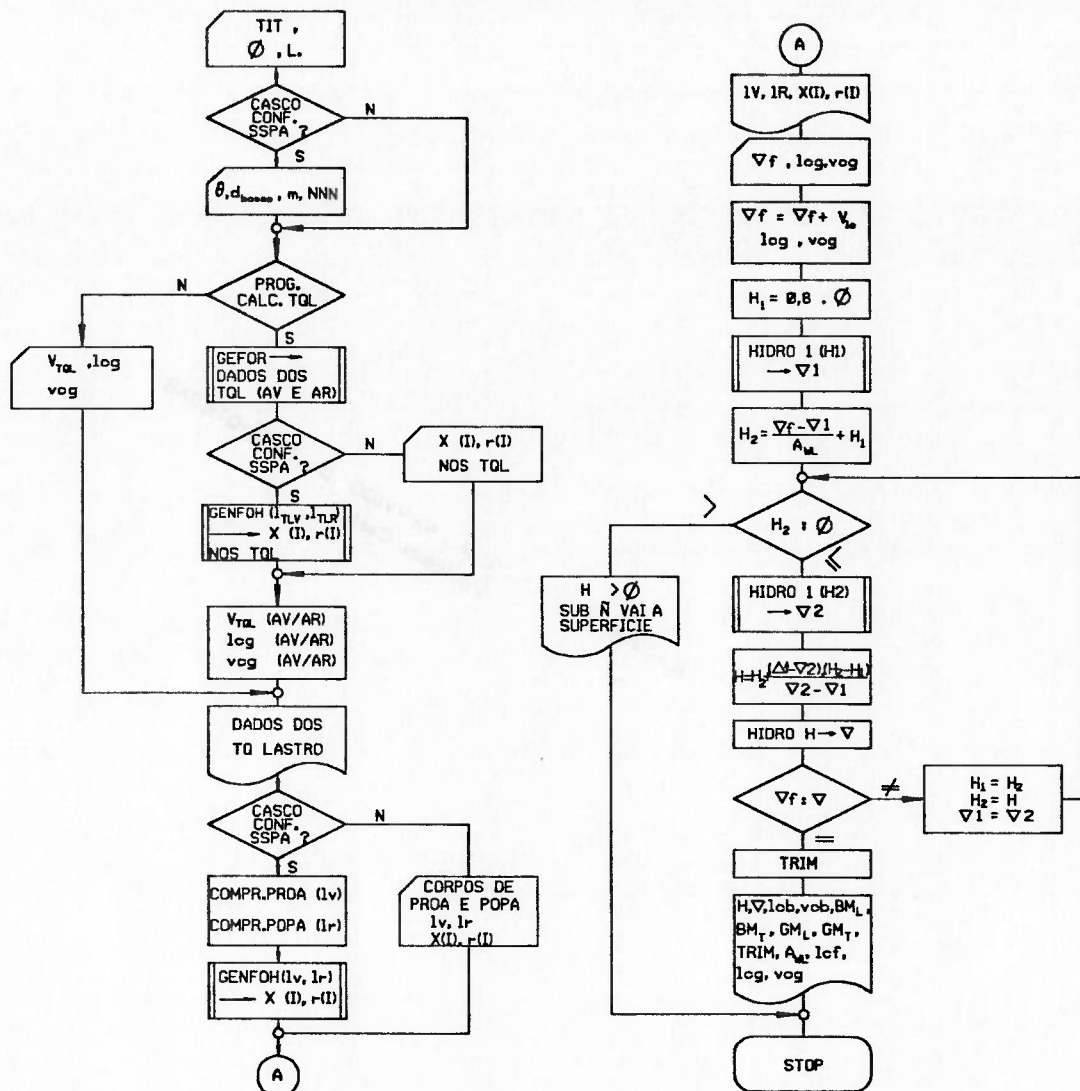


FIGURA 6.13

6.5.2. Subrotina GEFOR.

Na subrotina GEFOR são lidos os dados relativos aos tanques de lastro, ou seja, dados do casco resistente, livre circulação e equipamentos que se encontram dentro dos tanques de lastro, conforme 6.2 e 6.3 (figura 6.14).

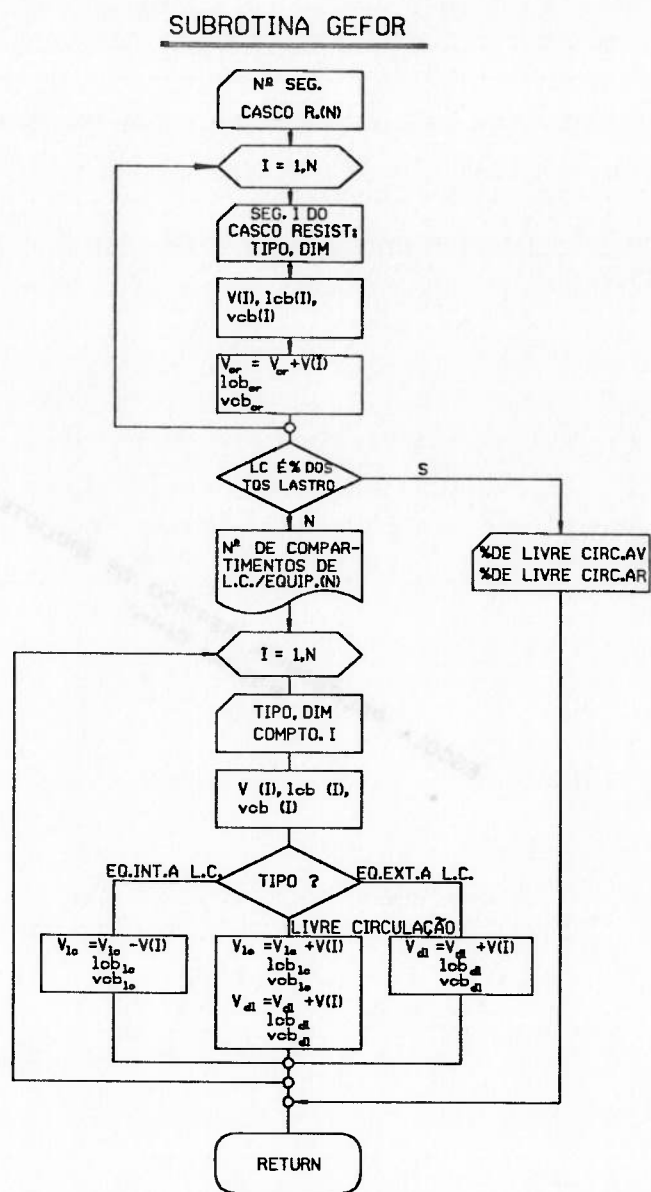


FIGURA 6.14

6.5.3. Subrotina GENFOH.

Na subrotina GENFOH são calculados os raios das balizas dos corpos de proa (13 balizas) e de popa (11 balizas) considerando-se o corpo de proa como perfil NACA 0014.2 de revolução e o corpo

do popa como perfil cone-parábola de revolução, conforme item 6.1. (Fig. 6.15).

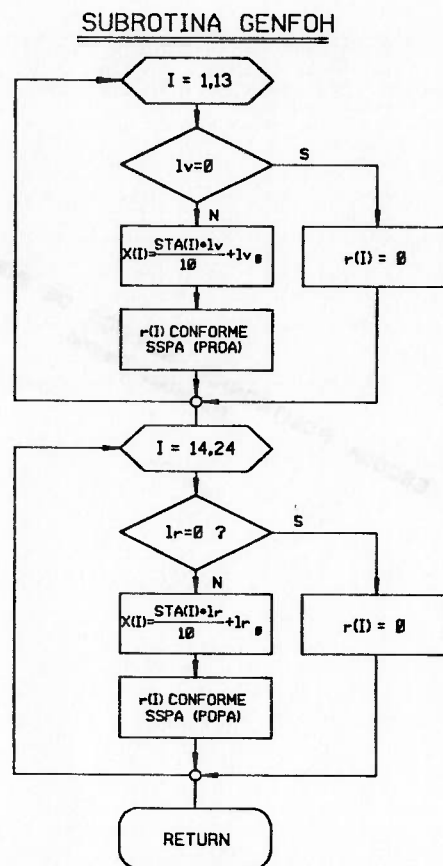


FIGURA 6.15

6.5.4. Subrotina HIDRO1.

Na subrotina HIDRO1 são calculadas as propriedades hidrostáticas do submersível na superfície com calado (h), conforme 6.4 (figura 6.14).

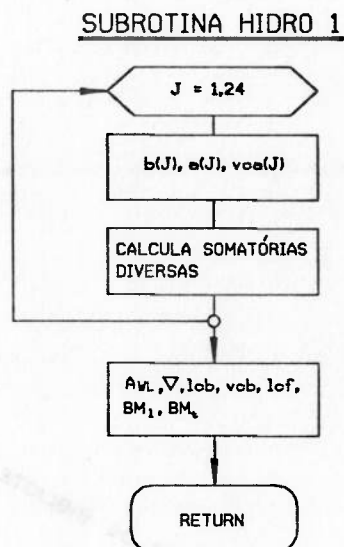


FIGURA 6.16

6.6. Entrada e Saída de Dados.

O Programa EQSUB foi elaborado em FORTRAN-77, versão PC (MICROSOFT-4.01). A listagem do programa fonte encontra-se no ANEXO A. A entrada de dados é via teclado.

Como o programa trabalha considerando apenas os volumes de deslocamento, isto é, parte-se do princípio que o submarino já foi equilibrado na condição submersa, só são necessárias informações sobre a geometria do casco e dos compartimentos internos aos tanques de lastro descritos em 6.2.

O programa gera dois arquivos de saída: EQSIN.LIS e EQSOUT.LIS.

O arquivo EQSIN.LIS reproduz os dados de entrada, enquanto o EQSOUT.LIS apresenta os resultados obtidos nos cálculos de:

- . Volume e posição do centro de carena dos tanques de lastro de proa e popa;

- . Condição de equilíbrio na superfície (deslocamento, calado e trim);
- . Perfis de revolução dos corpos de proa e de popa, caso se tenha optado pela geração automática de formas;
- . Raios metacêntricos e alturas metacêntricas transversal e longitudinal e
- . Área da linha d'água e posição do centro de flutuação.

7. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para melhor esclarecer o procedimento de análise de equilíbrio aqui apresentado foi elaborado um exemplo de aplicação com o submarino fictício mostrado na figura 7.1. As dimensões apresentadas referem-se às dimensões externas do casco, não sendo necessárias correções devidas à espessura do chapeamento. Maiores detalhes serão apresentados mais adiante.

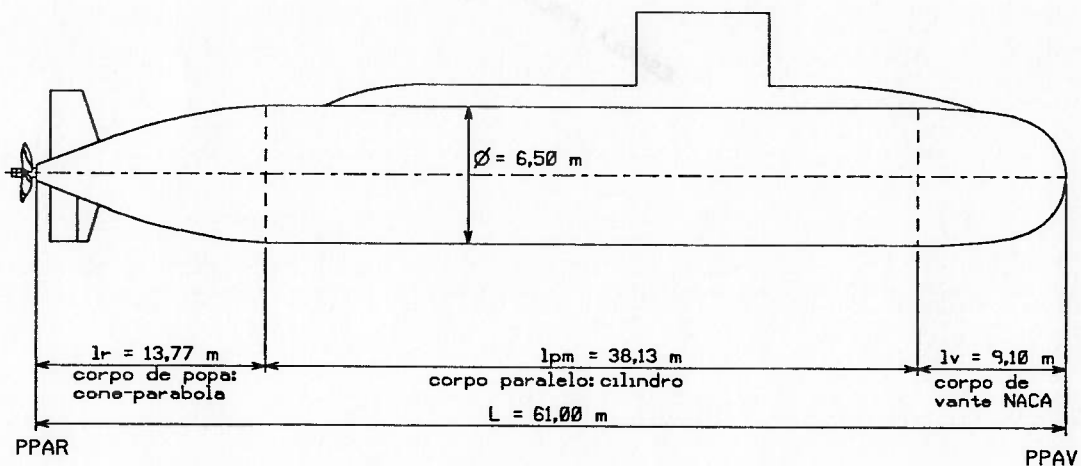


FIGURA 7.1

7.1. Equilíbrio Submerso.

7.1.1. Deslocamento na Superfície.

Para os volumes que contribuem no empuxo, quando totalmente submerso (exceto água de lastro), ou seja, no cálculo do deslocamento na superfície (ver 3.1), obteve-se os seguintes resultados:

$$V_f = 1\,546,60 \text{ m}^3 \quad (7.1)$$

$$lcb_f = 29,90 \text{ m} \quad (7.2)$$

$$vcb_f = 3,25 \text{ m} \quad (7.3)$$

O deslocamento na superfície, por convenção, é obtido em água de densidade mínima (1,007 t/m³).

$$A_f = V_f \cdot \gamma = 1\,546,60 \cdot 1,007 = 1\,557,43 \text{ t} \quad (7.4)$$

7.1.2. Resumo de Pesos e Volumes.

Grupo	Descrição	w _i (t)	lcg _i (m)	vcg _i (m)
1	Estrutura e Acabamento	629,76	28,54	3,54
2	Sistemas de Propulsão	436,68	33,43	2,15
3	Sistemas Elétricos	24,26	37,68	5,13
4	Sistema Auxiliares	82,48	32,69	3,64
5	Telecomunicações e Navegação	25,64	27,94	6,40
6	Controle de Armamento	2,43	20,65	4,39
7	Armamento	43,67	9,14	4,25
9	Diversos	194,08	29,11	1,56

TABELA 7.1

A tabela 7.1 apresenta o resumo dos pesos e coordenadas longitudinais e verticais dos centros de gravidade em relação à

perpendicular de vante e à linha de base respectivamente. A codificação dos grupos de peso segue a codificação da norma BG(9).

Efetuada-se as somatórias de pesos e de momentos, obtêm-se os seguintes resultados:

$$\sum_{i=1}^9 W_i = 1\,439,00 \text{ t} \quad (7.5)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^9 W_i \cdot l_{cg_i}}{\sum_{i=1}^9 W_i} = \frac{42\,997,32}{1\,439,00} = 29,88 \text{ m} \quad (7.6)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^9 W_i \cdot v_{cg_i}}{\sum_{i=1}^9 W_i} = \frac{4\,256,02}{1\,439,00} = 2,96 \text{ m} \quad (7.7)$$

7.1.3. Lastro de Comissionamento e Margem de Projeto.

Conforme item 3.3.3, o peso do lastro de comissionamento deve ser 0,5% do deslocamento na superfície, a ser instalado na mesma vertical do centro de carena do submarino a uma altura de 75% do seu diâmetro.

$$W_{lc} = 0,005 \cdot \Delta_f = 0,005 \cdot 1\,557,43 = 7,79 \text{ t} \quad (7.8)$$

$$l_{cb_{lc}} = l_{cb_f} = 29,90 \text{ m} \quad (7.9)$$

$$v_{cb_{lc}} = 0,75 \cdot \phi = 0,75 \cdot 6,50 = 4,88 \text{ m} \quad (7.10)$$

Considerando-se que se esteja na fase de projeto, conforme item 3.3, deve-se acrescentar ao peso encontrado em 7.1.4, margem de 3,05% do deslocamento na superfície, relativa às

margens de projeto (0,75%) e construção (2,3%). O peso e as posições longitudinal e vertical do centro de gravidade que serão utilizados na determinação do lastro permanente resultam em:

$$W_0 = 1\,149,00 + 0,0305 \cdot 1\,557,43 + 7,79 = 1\,494,29 \text{ t} \quad (7.11)$$

$$l_{cg_0} = \frac{29,88 \cdot (1\,149,00 + 0,0305 \cdot 1\,557,43) + 7,79 \cdot 29,90}{1\,494,29} = 29,88 \text{ m} \quad (7.12)$$

$$v_{cg_0} = \frac{2,96 \cdot (1\,149,00 + 0,0305 \cdot 1\,557,43) + 7,79 \cdot 4,88}{1\,494,29} = 2,97 \text{ m} \quad (7.13)$$

7.1.4. Lastro Permanente.

O peso do lastro permanente é obtido através da equação 5.7:

$$W_{lp} = \Delta_f - W_0 = 1\,557,43 - 1\,494,29 = 63,14 \quad (7.14)$$

O lastro permanente é 4% do deslocamento na superfície, isto é, cai dentro da faixa usual (ver 4.6).

A posição longitudinal do centro de gravidade do lastro permanente é obtida através da equação 5.8:

$$l_{cg_{lp}} = \frac{\Delta_f \cdot l_{cg} - W_0 \cdot l_{cg_0}}{W_{lp}}$$

$$l_{cg_{lp}} = \frac{1\,557,43 \cdot 29,90 - 1\,494,29 \cdot 29,88}{63,14} = 30,37 \text{ m} \quad (7.15)$$

7.1.5. Verificação da Faixa de Variação Longitudinal do Lastro Permanente.

Conforme 5.1 a posição do lastro permanente deve ser tal que permita sua movimentação dentro do casco do submarino na faixa definida pela reserva de momento longitudinal. A reserva de momento longitudinal, segundo 3.3 é de 0,5%, relativa a projeto (0,25%), construção (0,115%) e comissionamento (0,135%).

$$RM = 0,005 \cdot \Delta_f \cdot L$$

$$RM = 0,005 \cdot 1\,557,43 \cdot 61,00 = 475,01 \text{ t.m}$$

$$\delta \log_{lp} = \pm \frac{RM}{W_{lp}} = \frac{475,01}{63,14} = \pm 7,25 \text{ m} \quad (7.16)$$

Conforme mostra a figura 7.2, a posição do lastro permanente atende à faixa de variação requerida pela Norma BV 1033.1 {10}, já que ela se encontra dentro do casco.

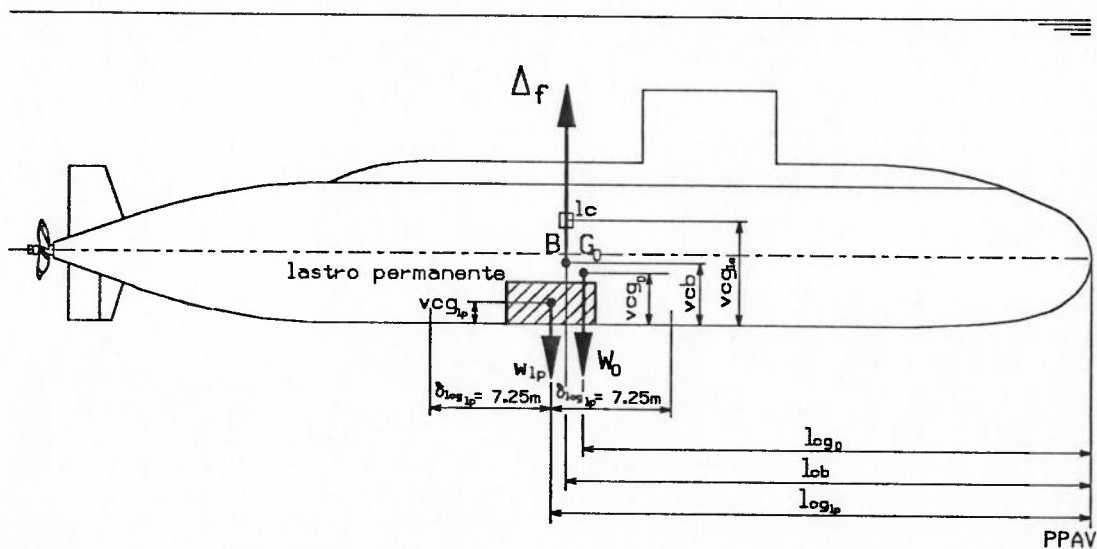


FIGURA 7.2

7.1.6. Posição do Centro de Gravidade do Submarino.

A posição longitudinal do centro de gravidade após a instalação do lastro permanente, coincide com a posição longitudinal do centro de carena.

$$l_{cg_f} = l_{cb_f} = 29,90 \text{ m} \quad (7.17)$$

Como o posicionamento do lastro permanente deve ser o mais baixo possível, ele deve ser posicionado preferencialmente no fundo, nos espaços entre cavernas. Porém, sua disposição final depende do arranjo nessa região. Admitindo-se que o lastro permanente seja instalado de forma que o seu centro de gravidade esteja 0,2m acima da linha de base.

$$v_{cg_f} = \frac{W_0 \cdot v_{cg_0} + w_{lp} \cdot l_{og_{lp}}}{\Delta_f} \quad (7.18)$$

$$v_{cg_f} = \frac{1\ 494,29 \cdot 2,97 + 63,14 \cdot 0,20}{1\ 557,43} = 2,86 \text{ m}$$

7.1.7. Verificação das demais condições de Operação.

Conforme item 5.3, deve-se verificar se os tanques de trim e compensação tem capacidade de equilibrar o submarino nas condições de carregamento estabelecidas na norma BV 1033.1 {10}. O arranjo dos tanques de trim e compensação está mostrado na figura 7.3. Considerou-se que os tanques de trim não são utilizados na compensação.

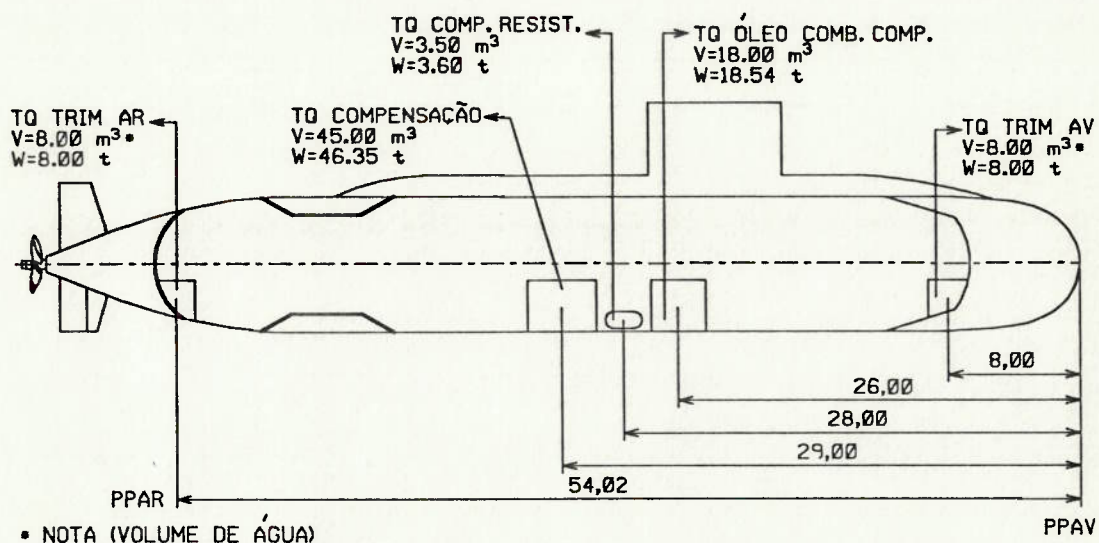


FIGURA 7.3

As coordenadas dos vértices do polígono de equilíbrio, obtidas conforme 5.4, estão listadas na Tabela 7.2. Notar que, como os tanques de trim não operam como compensação, eles estão cheios até a metade de suas capacidades no caso de deslocamento na superfície e o enchimento do tanque de trim de proa é obtido com o esvaziamento do tanque de trim de popa.

As condições de carregamento analisadas, conforme a referência {10}, estão resumidas na Tabela 7.3. O ANEXO B apresenta a situação dos diversos consumíveis em cada uma dessas condições de carregamento.

O Polígono de Equilíbrio, obtido a partir do arranjo de tanques de trim e compensação, e as coordenadas das condições de carregamento da tabela 7.3 estão representados na figura 7.4. Como se pode observar, o sistema de trim e compensação tem capacidade de atender a todas as condições de carregamento.

VÉRTICE DO POLIGONO	MOMENTO (t*M)	VARIAÇÃO DE PESO (t)
O	0,00	0,00
A	368,16	0,00
B	440,47	18,54
C	447,30	22,14
D	489,02	68,49
E	-247,30	68,49
F	-319,61	49,95
G	-326,45	46,35
H	-368,16	0,00

TABELA 7.2

CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO	MOMENTO A COMPENSAR(t.m)	PESO A COMPENSAR (t)
Caso 0 (deslo- camento na su- perficie)	0.	0.
Caso 2	219.17	1.76
Caso 2A	196.67	1.76
Caso 3	237.88	35.09
Caso 3A	215.38	35.09
Caso 4	257.27	23.63
Caso 4A	234.77	23.63
Caso 5	268.11	58.07
Caso 5A	245.61	58.07
Caso 6	301.56	16.00
Caso 6a	279.06	16.00
Caso 7	320.27	49.33
Caso 7A	297.77	49.33

TABELA 7.3.

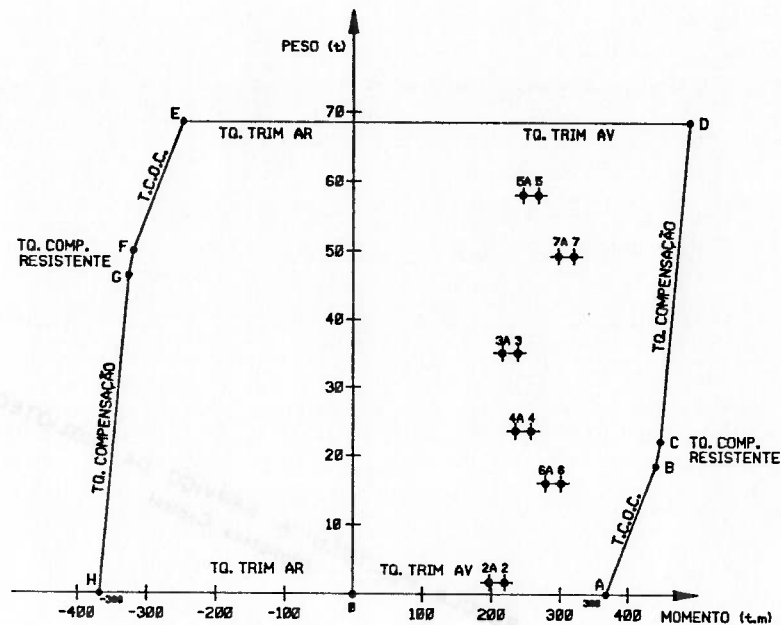


FIGURA 7.4

7.2. Equilíbrio na Superfície.

Utilizando-se o programa EQSUB, pode-se determinar a condição de equilíbrio na superfície (calado e trim) e os volumes dos tanques de lastro, para a condição "pronto para submergir", ou seja, para as condições de deslocamento na superfície determinadas em 7.1:

$$\begin{aligned}
 \Delta_f &= 1\,557,43 \text{ t} \quad \text{ou} \quad V_f = 1\,546,60 \text{ m}^3 & (7.19) \\
 lcg_f &= 29,90 \text{ m} \\
 vcg_f &= 2,88 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7.2.1. Corpo de Proa. Tanque de Lastro A vante.

As dimensões do corpo de proa e detalhes do arranjo interno do tanque de lastro a vante estão representados na figura 7.5. Os dados dos compartimentos de livre circulação e equipamentos internos e externos à livre circulação constam na tabela 7.4.

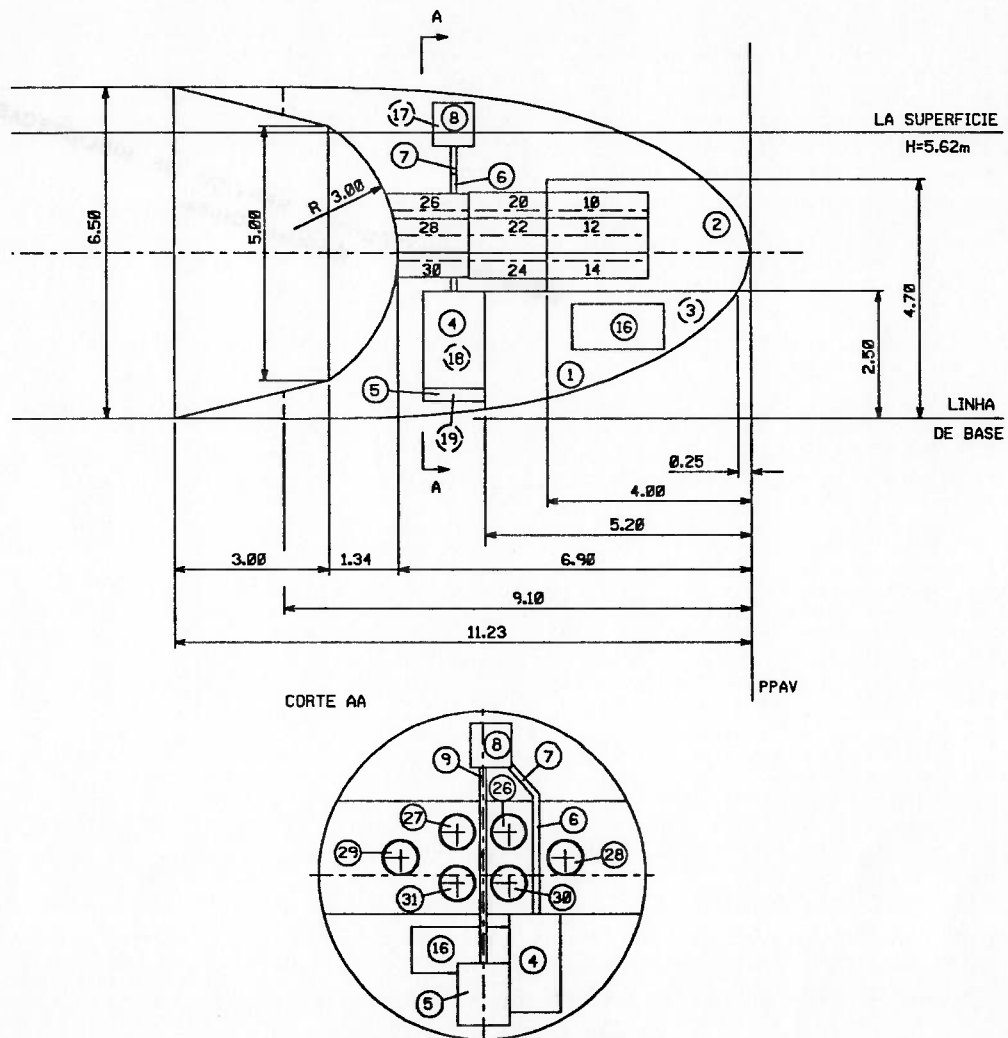


FIGURA 7.5

ITEM	DESCRIÇÃO	DISTÂNCIA 'A PPAV* (m)	DISTÂNCIA 'A BASE (m)*	DIMENSÕES (m)	TIPO
1	Compartmento de sonar	0,25	2,50(-)	4,95X6,5	Casco
2	Comparto. das Comportas (+)	0.	4,70(-)	4,00X6,5	LC(+) Seg. Casco
3	Comparto. das Comportas (-)	0,25	2,50(-)	3,75X6,5(-)	LC(-) Seg. Casco
4	Paio de Amarras	5,20	0,60	1,20x1,00x1,90	LC(+) Seg. Cunha
5	Alojamento de Ferro	5,20	0,35	1,20x1,00x1,20	LC(+) Seg. Cunha
6	Tubo de escovêm	5,80	2,50	2,32x0,12	LC(+) Cilindro
7	Tubo de escovêm	5,80	4,82	0,53x0,12	LC(+) Cilindro
8	Comparto. do Molinete	5,40	5,35	0,80x0,80x0,85	LC(+) Seg. Cunha
9	Tubo de escovêm	5,80	1,55	3,80x0,12	LC(+) Cilindro
10/11	Tubo de Tor- pedos (parcial)	2,00	4,10	2,00x0,70	EI(+) Cilindro
12/13	Tubo de Tor- pedos (parcial)	2,00	3,60	2,00x0,70	EI(+) Cilindro
14/15	Tubo de Tor- pedos (parcial)	2,00	3,10	2,00x0,70	EI(+) Cilindro
16	Sonar	3,61	1,80	(volume =0,70)	EI(+) Equipam.
17	Molinete	5,80	5,75	(volume =0,15m³)	EI(+) Equipam.
18	Ferro	5,80	0,90	(volume =0,60m³)	EI(+) Equipam.
19	Amarra	5,80	1,4	(volume =0,30m³)	EI(+) Equipam.
20/21	Tubo de Tor- pedos (parcial)	4,00	4,10	1,50X0,70	EE(+) Cilindro
22/23	Tubo de Tor- pedos (parcial)	4,00	3,60	1,50X0,70	EE(+) Cilindro
24/25	Tubo de Tor- pedos (parcial)	4,00	3,10	1,50X0,70	EE(+) Cilindro
26/27	Tubo de Tor- pedos (parcial)	5,50	4,10	1,51X0,66	EE(+) Cilindro
28/29	Tubo de Tor- pedos (parcial)	5,50	3,60	1,41X0,66	EE(+) Cilindro
30/31	Tubo de Tor- pedos (parcial)	5,50	3,19	1,39X0,66	EE(+) Cilindro

* CONFORME REQUERIDO PELO PROGRAMA EQSUB (VER 6.2)

TABELA 7.4.

7.2.2. Corpo de Popa. Tanque de Lastro a Ré.

As dimensões do corpo de popa e detalhes do arranjo interno do tanque de lastro a ré estão representados na figura 7.6. Os dados dos compartimentos de livre circulação

equipamentos internos e externos à livre circulação, constam na tabela 7.5.

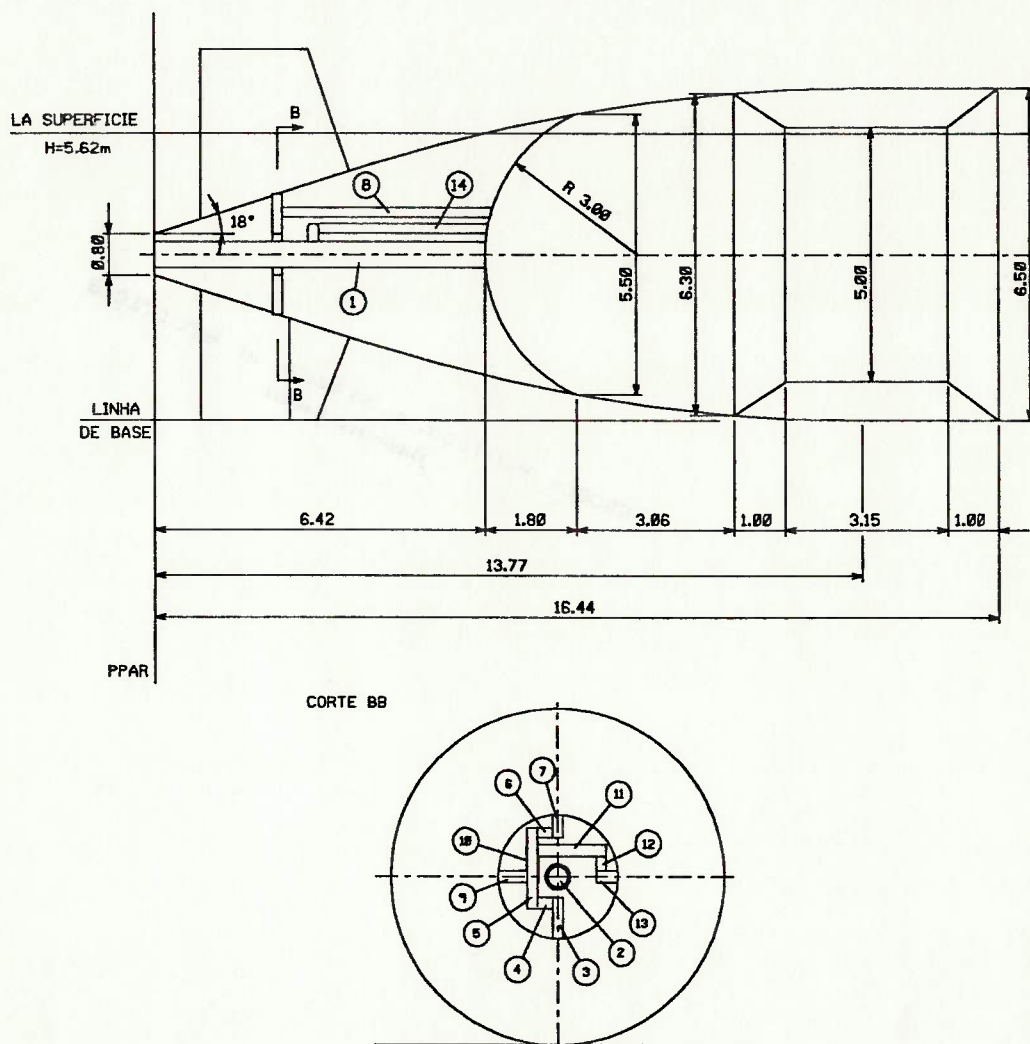


FIGURA 7.6

ITEM	DESCRIÇÃO	DISTÂNCIA 'A PPAV* (m)	DISTÂNCIA 'A BASE (m)*	DIMENSÕES* (m)	TIPO
1	Tubo Telescópico	0	3.25	6.42x0.50	LC(+) Cilindro
2	Eixo de Propulsão	0.	3.25	6.42x0.40	EI(+) Cilindro
3	Madre do Leme (parcial)	2.40	2.07	0.78x0.20	EE(+) Cilindro
4	Madre do Leme (parcial)	2.40	2.75	0.30x0.20	EE(+) Cilindro
5	Madre do Leme (parcial)	2.40	2.65	1.53x0.20	EE(+) Cilindro
6	Madre do Leme (parcial)	2.40	4.08	0.30x0.20	EE(+) Cilindro
7	Madre do Leme (parcial)	2.40	3.96	0.45x0.20	EE(+) Cilindro
8	Haste do Atua- dor do Leme	2.40	4.08	4.4x0.20	EE(+) Cilindro
9	Madre do Hidroplano	3.10	3.25	1.02x0.23	EE(+) Cilindro
10	Madre do Hidroplano	3.10	3.36	0.27x0.23	EE(+) Cilindro
11	Madre do Hidroplano	3.10	3.75	1.56x0.23	EE(+) Cilindro
12	Madre do Hidroplano	3.10	3.36	0.27x0.23	EE(+) Cilindro
13	Madre do Hidroplano	3.10	3.25	0.66x0.23	EE(+) Cilindro
14	Haste do Atua- dor do hidropl.	3.21	3.75	3.35x0.2	EE(+) Cilindro

* CONFORME REQUERIDO PELO PROGRAMA EQSUB (VER 6.2)

TABELA 7.5

7.2.3. Resultados da Análise.

Os dados utilizados como entrada do programa EQSUB estão na listagem do Anexo C (Arquivo EQSIN.LIS), enquanto que os resultados da análise estão na listagem do Anexo D (Arquivo EQSOUT.LIS). Resumindo-se:

- . Volume do tanque de lastro AV: 122,23 m³
- . Volume do tanque de lastro AR: 116,53 m³
- . Calado na superfície: 5,62 m
- . Trim na superfície: 0°

O calado resultante está indicado nas figuras 7.5 e 7.6.

Os resultados obtidos estão aceitáveis, dentro das faixas usuais. Caso algum dos resultados não houvesse atendido às condições de projeto, como se, por exemplo, se desejasse, na superfície, trim de 1º pela popa para evitar a emersão do propulsor, deveria-se promover alterações nas formas dos tanques de lastro de proa e popa (por exemplo diminuir volume do tanque de lastro de popa) e reconduzir a análise até que se chegue à condição de equilíbrio desejada.

C O N C L U S O E S

No projeto de um submersível é de vital importância o acompanhamento rigoroso de suas características de equilíbrio, desde as primeiras fases do projeto até a construção e comissionamento, pois os submarinos modernos apresentam problemas de volume interno {4}, isto é, não é fácil conseguir-se arranjar todos os componentes requeridos dentro dos espaços disponíveis. Dessa forma é necessário que se imponha desde o início do projeto rigorosas restrições para arranjo do espaço interno, que devem ser respeitadas para que não haja excesso de deslocamento.

No início do projeto, quando se dispõe de um banco de dados de pesos e volumes confiável, a análise de equilíbrio é simples, pois envolve conceitos básicos da Hidrostática do Navio. Em etapas mais avançadas do projeto ou quando não se dispõe de informações suficientes, a análise de equilíbrio torna-se extremamente trabalhosa devido à aquisição de dados de peso e volume de dezenas de milhares de itens que compõem os modernos submarinos.

Os conceitos apresentados neste trabalho para análise de equilíbrio de submersíveis, são válidos qualquer que seja a etapa do projeto ou construção, eles não dependem da quantidade de itens de peso e volumes considerada, mas apenas da confiabilidade dos dados utilizados.

A confiabilidade dos dados de pesos e volumes depende não só da organização de procedimentos adequados de controle de itens instalados a bordo, mas principalmente da experiência da equipe de projeto na fabricação e operação de submersíveis.

A experiência em projeto e fabricação garante que as avaliações, feitas nas fases iniciais do projeto, não fujam excessivamente das características finais fazendo com que o projeto tenha uma convergência mais rápida, diminuindo-se as chances de ter que se alterar o submersível quando este já estiver em fase avançada de construção. É o que pode acontecer, por exemplo, devido a uma avaliação equivocada do peso do submersível. A experiência em operação garante que os critérios estabelecidos para dimensionamento dos tanques de lastro, trim e compensação atendam a todas as situações de carregamento que possam ser encontradas ao longo da vida do submarino.

O programa para análise do equilíbrio na superfície é bastante útil e de simples utilização, como pode-se constatar no exemplo apresentado. A rápida determinação da condição de equilíbrio na superfície permite que se analise, já nas fases iniciais do projeto, diversas alternativas, de maneira que, em conjunto com as análises de equilíbrio submerso, arranjo, resistência ao avanço e manobrabilidade entre outras, se chegue mais facilmente à forma ideal do casco hidrodinâmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

{1} Yapery Tupiassú de Brito Guerra, "EVOLUÇÃO TÉCNICA DO SUBMARINO", M.M., 1964.

{2} John P. Comstock e outros, "PRINCIPLES OF NAVAL ARCHITECTURE", SNAME, 1970.

{3} Ulrich Gabler, "SUBMARINE DESIGN", Bernard and GRAEFE, 1986.

{4} E.S. Arentzen, "NAVAL ARCHITECTURAL ASPECTS OF SUBMARINE DESIGN", Transactions SNAME, 1960.

{5} R.J. Daniel "CONSIDERATIONS INFLUENCING SUBMARINE DESIGN", Symposium on Naval Submarines - RINA, 1983.

{6} K.M.Heggstad and E. Koch "DEFINITION OF TONNAGE and DISPLACEMENT OF NAVAL SUBMARINES", Symposium on Naval Submarines - RINA 1983

{7} Thomas C. Gillmer "MODERN SHIP DESIGN", NAVAL INSTITUTE PRESS, 1977.

{8} NAVSEA 0900-039-9010 "SHIPWORK BREAKDOWN STRUCTURE", Jul/1974.

{9} "Marine Baugruppenverzeichnis für Schiffe der Bundeswehr", BWB, 1983.

{10} BV-1033.1 "BUILDING SPECIFICATIONS FOR SHIPS OF THE FEDERAL ARMED FORCES, Stability of Submarines".

{11} "General Specifications For Ships of the U.S.Navy", 1984.

{12} "Hydrodynamic Aspects of the Design of the Forward and Aft Bodies of the Submarine". H.P. Loid e L.Byström, RINA SYMPOSIUM ON NAVAL SUBMARINES - 1983.

{13} "The Theory of Wing Sections", Ira H.Abbott e Albert E. von Doenhoff, Dover Publications, inc 1949.

{14} "Fundamentos de Teoria de Arquitetura Naval", Dr. George C. Manning, EPUSP.

{15} "Atomic Powered Submarines", V.M. Bukalov e A.A. Narwsbayev, NITS-1967.

PROGRAMA EQSUB
ANALISE DE EQUILIBRIO DE SUBMERSIVEIS NA SUPERFICIE

```
COMMON/A/XVT,XRT,RMAX,RBOS,NARIZ,NXMAX,AO,A1,A2,A3,TETAR,A,B
DIMENSION Y(24),X(24),AR(24),AX(24)
REAL LD
CHARACTER TIT(30),OP,OP1,OP2,CONF
OPEN(6,FILE='EQSOUT.LIS')
OPEN(7,FILE='EQSIN.LIS')
PI=3.141593
OP='S'
```

DADOS DO CASCO HIDRODINAMICO

```
10 CONTINUE
  WRITE(5,1)
  1 FORMAT(5X,'TITULO=? (30A1)')
  READ(5,2)(TIT(I),I=1,30)
  2 FORMAT(30A1)
  WRITE(5,9020)
9020 FORMAT(5X,' DIAMETRO MAXIMO = ? (metros - F6.3)')
  READ(5,9930)DIAME
9930 FORMAT(F6.3)
  WRITE(5,9040)
9040 FORMAT(5X,'COMPRIMENTO DO CASCO HIDRODINAMICO = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9940)COMPT
9940 FORMAT(F10.3)
  WRITE(5,9000)
9000 FORMAT(5X,'CASCO HIDRODINAMICO E CORPO DE REVOLUCAO CONFORME SSPA(
  *PROA NACA 0014.2 E POPA CONE-PARABOLA) S/N? (A1)')
  READ(5,9901)OP1
9901 FORMAT(A1)
9902 FORMAT(//////////,2X,'0',11X,'Nenhuma alteracao',//)
9903 FORMAT(2X,'1',14X,'TITULO= ',30A1,)
9904 FORMAT(2X,'2',5X,'DIAMETRO MAXIMO= ',F6.3,/,2X,'3',9X,
  *'COMPRIMENTO= ',F10.3,/,2X,'4 CASCO CONFORME SSPA= ',A1,/)
9905 FORMAT(/,/,2X,'Entre com a opcao para fazer modificacoes: ')
9906 FORMAT(I2)
9921 FORMAT(2X,'NOVO TITULO= ')
9922 FORMAT(2X,'NOVO DIAMETRO MAXIMO= ')
9923 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO= ')
9924 FORMAT(2X,'CASCO CONFORME SSPA? ')
  WRITE(5,9902)
  WRITE(5,9903)(TIT(I),I=1,30)
  WRITE(5,9904)DIAME,COMPT,OP1
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
19 CONTINUE
  IF(INT.EQ.0)GOTO 20
  IF(INT.EQ.1)THEN
    WRITE(5,9921)
    READ(5,2)(TIT(I),I=1,30)
  ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,9922)
    READ(5,9930)DIAME
```

```

ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    WRITE(5,9923)
    READ(5,9940)COMPT
ELSE
    WRITE(5,9924)
    READ(5,9901)OP1
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 19
20 CONTINUE
WRITE(7,2)(TIT(I),I=1,30)
RMAX=DIAME/2.
LD=COMPT/DIAME
IF(OP1.NE.OP) GOTO 100
21 CONTINUE

```

```

C
C
C
C
CASCO HIDRODINAMICO: CORPO DE REVOLUCAO CONFORME SSPA
PROGRAMA GERA OFFSET's

```

```

WRITE(5,9060)
9060 FORMAT(5X,'ANGULO DA POPA = ?(GRAUS-F6.3)')
READ(5,9930) TETA
WRITE(5,9070)
9070 FORMAT(5X,'DIAMETRO DO BOSSO DO HELICE = ? (F6.3 - metros)')
READ(5,9930)DBOS
WRITE(5,9080)
9080 FORMAT(5X,'POSICAO DA ESPESSURA MAXIMA DO CORPO DE VANTE=? (10 a 2
*0%-I2)')
READ(5,9920)NXMAX
WRITE(5,9100)
9920 FORMAT(I2)
9100 FORMAT(5X,'RAIO DO NARIZ A VANTE = ? (100 a 500%-I3)')
READ(5,9950)NARIZ
9950 FORMAT(I3)
9951 FORMAT(2X,'1',32X,'ANGULO DA POPA= ',F6.3,/,2X,'2',19X,
*'DIAMETRO DO BOSSO DO HELICE= ',F6.3,/,2X,
*'3 POSICAO DA ESPESSURA MAXIMA DO CORPO DE VANTE= ',I2,/,2X,'4',
*25X,'RAIO DO NARIZ A VANTE= ',I3,/,)
WRITE(5,9902)
WRITE(5,9951)TETA,DBOS,NXMAX,NARIZ
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
26 FORMAT(2X,'NOVO ANGULO DA POPA= ')
27 FORMAT(2X,'NOVO DIAMETRO DO BOSSO DO HELICE= ')
28 FORMAT(2X,'NOVA POSICAO DA ESPESSURA MAXIMA DO CORPO DE VANTE= ')
29 FORMAT(2X,'NOVO RAIO DO NARIZ A VANTE= ')
30 IF(INT.EQ.0)GOTO 35
IF(INT.EQ.1)THEN
    WRITE(5,26)
    READ(5,9930)TETA
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,27)
    READ(5,9930)DBOS
ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    WRITE(5,28)
    READ(5,9920)NXMAX
ELSE
    WRITE(5,29)
    READ(5,9950)NARIZ

```

```

END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 30
35 CONTINUE
RBOS=DBOS/2.
WRITE(6,3)(TIT(I),I=1,30)
WRITE(6,9110) DIAME,COMPT,LD,NARIZ,NXMAX,TETA,DBOS
WRITE(7,9110) DIAME,COMPT,LD,NARIZ,NXMAX,TETA,DBOS
9110 FORMAT(/5X,'DIAMETRO DO CASCO=',F6.2,' metros'/
*5X,'COMPRIMENTO DO CASCO=',F6.2,' metros'/
*5X,'RAZAO L/D=',F6.2/5X,'PROA:REVOLUCAO DE PERFIL NACA 0014.2-',
*I3,'.',I2/5X,'POPA: REVOLUCAO DE CONE DE ANGULO DE ',F4.1,
*' GRAUS + PARABOLA'/5X,'DIAMETRO DO BOSSO=',F6.2,' metros')
3 FORMAT(/22X,'*****PROGRAMA EQSUB*****//10X,60A1)
TETAR=TETA/180.*PI
A=(-0.5*TAN(TETAR)**2)
B=1.5*TAN(TETAR)
C=-1.125
XRT=(-B+SQRT(B*B-4.*A*C))/2./A*RMAX-RBOS/TAN(TETAR)
ZM=FLOAT(NXMAX)/100.
FKM=12.49998045*ZM**4-35.83330177*ZM**3+13.62498175*ZM**2-
-2.51666222*ZM-0.77500038
D2=(1.47+2.*FKM*(1-ZM))/(1-ZM)**2/7.
D3=-0.98+FKM*(1-ZM)/(1-ZM)**3/7.
AO=.2474*SQRT(36.*FLOAT(NARIZ/100))/7.
A1=(1.5*ZM*ZM/7.+ZM**4*(D2+3.*D3*(1-ZM))-1.875*AO*
*SQRT(ZM**5))/ZM**3
A2=(1.25*AO*SQRT(ZM**3)-1.5*ZM/7.-2.*ZM**3*(D2+3.*D3*
*(1-ZM)))/ZM**3
A3=(.5/7.+ZM*ZM*(D2+3.*D3*(1-ZM))-1.375*AO*SQRT(ZM))/ZM**3
XVT=7.*DIAME*ZM
100 CONTINUE
WRITE(5,9150)
9150 FORMAT(' VOLUMES DOS TQS DE LASTRO SERAO CALCULADOS PELO PROGRAMA
*(S/N)? (A1)')
READ(5,9901)OP2
IF(OP2.NE.OP) GOTO 200
C
C
C
C
DADOS DO CASCO RESISTENTE PARA CALCULO DOS VOLUMES
DE LASTRO AV E AR
8150 FORMAT(/,' VOLUMES DOS TQS DE LASTRO CALCULADOS PELO PROGRAMA')
WRITE(7,8150)
WRITE(5,9160)
9160 FORMAT(/,'INFORMACOES SOBRE O CORPO DE VANTE DO CASCO RESISTENTE'
*'/ INTERNAMENTE AOS TQS DE LASTRO. DADOS A PARTIR DA PPAV.')
```

```

WRITE(7,9160)
CALL GEFOR(XTLV,VOLV,XGCRV,LCAV,VLCV,XLCV,YLCV,VLOV,XLOV,YLOV,
*'V',OP1)
WRITE(5,9170)
9170 FORMAT(/,'INFORMACOES SOBRE O CORPO DE RE DO CASCO RESISTENTE'
*'/ INTERNAMENTE AOS TQS DE LASTRO. DADOS A PARTIR DA PPAR.')
```

```

WRITE(7,9170)
CALL GEFOR(XTLR,VOLR,XGCRR,LCAR,VLCR,XLCR,YLCR,VLOR,XLOR,YLOR,
*'R',OP1)
IF(OP1.NE.OP)GOTO 110
CALL GENFOH(XTLV,0.,XTLR,0.,X,Y)
GOTO 9597
110 CONTINUE
```

```

WRITE(5,9570)XLTV
9570 FORMAT(5X,'CASCO HIDRODINAMICO: ENTRADA DE DADOS DO CORPO DE REVOL
*UCAO NA REGIAD DOS TANQUES DE LASTRO AV'/10X,'COMPRIMENTO DO TQ DE
*LASTRO AV= ',F10.3,' metros')
WRITE(5,9520)
DO 120 I=1,13
WRITE(5,9530)I
READ(5,9960)X(I),Y(I)
120 CONTINUE
9571 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV =')
9572 FORMAT(2X,'NOVA COORDENADA DA BALIZA =',I1)
9573 FORMAT(2X,'14 ENTRADA DE DADOS DO TANQUE DE LASTRO AV PONTO POR PO
*NT0 =S',/2X,'15',5X,'COMPRIMENTO DO TANQUE DE LASTRO A VANTE =',F1
*0.3)
9574 FORMAT(2X,I2,6X,F10.3,10X,F10.3)
9578 FORMAT(20X,'X',17X,'Y')
WRITE(5,9902)
WRITE(5,9578)
DO 9575 I=1,13
WRITE(5,9574)I,X(I),Y(I)
9575 CONTINUE
WRITE(5,9573)XLTV
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9576 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9577
IF(INT.EQ.15)THEN
WRITE(5,9571)
READ(5,9940)XLTV
ELSE
WRITE(5,9572)INT
READ(5,9960)X(INT),Y(INT)
WRITE(5,9514)INT,X(INT),Y(INT)
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9576
9577 CONTINUE
WRITE(5,9590)XLTR
9590 FORMAT(5X,'CASCO HIDRODINAMICO: ENTRADA DE DADOS DO CORPO DE REVOL
*UCAO NA REGIAD DOS TANQUES DE LASTRO AR'/10X,'COMPRIMENTO DO TQ DE
*LASTRO AR= ',F10.3,' metros')
WRITE(5,9550)
DO 130 I=14,24
WRITE(5,9560)I
READ(5,9960)X(I),Y(I)
130 CONTINUE
9591 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR =')
9592 FORMAT(2X,'NOVA COORDENADA DA BALIZA =',I1)
9593 FORMAT(2X,'12 ENTRADA DE DADOS DO TANQUE DE LASTRO AR PONTO POR PO
*NT0 =S',/2X,'13',5X,'COMPRIMENTO DO TANQUE DE LASTRO A RE =',F10.3
*)
9594 FORMAT(2X,I2,6X,F10.3,10X,F10.3)
9598 FORMAT(20X,'X',17X,'Y')
WRITE(5,9902)
WRITE(5,9598)
DO 9595 I=14,24
K=I-13
WRITE(5,9594)K,X(I),Y(I)
9595 CONTINUE

```



```

WRITE(5,9593)XLTR
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9596 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9597
IF(INT.EQ.15)THEN
    WRITE(5,9591)
    READ(5,9940)XLTR
ELSE
    WRITE(5,9592)INT
    K=INT+13
    READ(5,9960)X(K),Y(K)
    WRITE(5,9594)INT,X(K),Y(K)
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9596
9597 CONTINUE
DO 150 I=1,24
AR(I)=Y(I)*Y(I)*PI
AX(I)=X(I)*AR(I)
150 CONTINUE
VOLCRV=VOLV
VOLV=-VOLV-VLCV+SYM(XTLV/10.,AR,1)
YGTLV=((-VOLCRV+SYM(XTLV/10.,AR,1))*RMAX-VLCV*YLCV)/VOLV
XGTLV=(SYM(XTLV/10.,AX,1)-XGCRV-VLCV*XLCV)/VOLV
VOLR=-VOLR+SYM(XTLR/10.,AR,14)
YGTLR=VOLR*RMAX
VOLR=VOLR-VLCR
YGTLR=(YGTLR-VLCR*YLCR)/VOLR
XGTLR=(SYM(XTLR/10.,AX,14)-XGCRR-VLCR*XLCR)/VOLR
IF(LCAV.EQ.0)GOTO 160
VLCV=VOLV*FLOAT(LCAV)/100.
VOLV=VOLV*(1-FLOAT(LCAV)/100.)
XLCV=XGTLV
YLCV=YGTLV
160 CONTINUE
IF(LCAR.EQ.0)GOTO 170
VLCR=VOLR*FLOAT(LCAR)/100.
XLCR=XGTLR
YLCR=YGTLR
VOLR=VOLR*(1-FLOAT(LCAR)/100.)
170 CONTINUE
GOTO 220
200 CONTINUE
8155 FORMAT(/,'VOLUME DOS TANQUES DE LASTRO SAO DADOS DE ENTRADA')
write(7,8155)
WRITE(5,9200)
9200 FORMAT(5X,'VOLUME DOS TANQUES DE LASTRO AV=? (metros cubicos-F10.3
*)')
READ(5,9940)VOLV
WRITE(5,9210)
9210 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DOS TANQUES DE LASTRO AV
* A PPAV = ? (metros-F10.3)')
READ(5,9940)XGTLV
WRITE(5,9220)
9220 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DOS TANQUES DE LASTRO AV
* A LB = ? (metros-F10.3)')
READ(5,9940)YGTLV
WRITE(5,9230)

```

```

9230 FORMAT(5X,'VOLUME DOS TANQUES DE LASTRO AR=? (metros cubicos-F10.3
*)')
  READ(5,9940)VOLR
  WRITE(5,9240)
9240 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DOS TANQUES DE LASTRO AR
* A PPAR = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9940)XGTLR
  WRITE(5,9250)
9250 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DOS TANQUES DE LASTRO AR
* A LB = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9940)YGTLR
9241 FORMAT(2X,'NOVO VOLUME DO TANQUE DE LASTRO A VANTE =')
9242 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TANQUE DE LASTRO
*A VANTE DA PPAV =')
9243 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TANQUE DE LASTRO
*DE VANTE DA LB =')
9244 FORMAT(2X,'NOVO VOLUME DO TANQUE DE LASTRO A RE =')
9245 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TANQUE DE LASTRO
*DE RE DA PPAR =')
9246 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TANQUE DE LASTRO
*DE RE DA LB =')
9247 FORMAT(2X,'1',15X,'VOLUME DOS TQs. DE LASTRO CALCULADO PELO PROGRA
*MA=',A1,/2X,'2',32X,' VOLUME DO TQ. DE LASTRO A VANTE=',F10.3,/2X,
*'3 DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TQ. DE LASTRO DE VANTE DA PPAV
*=',F10.3,/2X,'4',3X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TQ. DE LASTRO
* DE VANTE DA LB=',F10.3,/2X,'5',35X,' VOLUME DO TQ. DE LASTRO A RE
*=',F10.3,/2X,'6 DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO TQ. DE LASTRO
*DE RE DA PPAR=',F10.3,/2X,'7',5X,' DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA D
*O TQ. DE LASTRO DE RE DA LB=',F10.3)
  WRITE(5,9902)
  WRITE(5,9247)OP2,VOLV,XGTLV,YGTLV,VOLR,XGTLR,YGTLR
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
9248 CONTINUE
  IF(INT.EQ.0)GOTO 9249
  IF(INT.EQ.1)THEN
    GOTO 100
  ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,9241)
    READ(5,9940)VOLV
  ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    WRITE(5,9242)
    READ(5,9940)XGTLV
  ELSEIF(INT.EQ.4)THEN
    WRITE(5,9243)
    READ(5,9940)YGTLV
  ELSEIF(INT.EQ.5)THEN
    WRITE(5,9244)
    READ(5,9940)VOLR
  ELSEIF(INT.EQ.6)THEN
    WRITE(5,9245)
    READ(5,9940)XGTLR
  ELSE
    WRITE(5,9246)
    READ(5,9940)YGTLR
  END IF
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
  GOTO 9248
9249 CONTINUE

```



```

WRITE(5,9301)
9301 FORMAT(5X,'VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO AV=?(metros cubicos-F10.3)')
READ(5,9940)VLOV
WRITE(5,9302)
9302 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO AV A
*PPAV = ?(metros-F10.3)')
READ(5,9940)XLOV
WRITE(5,9303)
9303 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO AV A
*LB = ?(metros-F10.3)')
READ(5,9940)YLOV
WRITE(5,9304)
9304 FORMAT(5X,'VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO AR=?(metros cubicos-F10.3)')
READ(5,9940)VLOR
WRITE(5,9305)
9305 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO AR A
*PPAR = ?(metros-F10.3)')
READ(5,9940)XLOR
WRITE(5,9306)
9306 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO AR A
*LB = ?(metros-F10.3)')
READ(5,9940)YLOR
9311 FORMAT(2X,'NOVO VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO A VANTE =')
9312 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO
*A VANTE DA PPAV =')
9313 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO
*DE VANTE DA LB =')
9314 FORMAT(2X,'NOVO VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO A RE =')
9315 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO
*DE RE DA PPAR =')
9316 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRCULACAO
*DE RE DA LB =')
9317 FORMAT(2X,'1,13X,'VOLUME DOS TQs. DE LASTRO CALCULADO PELO PROGRA
*MA=',A1,/2X,'2',32X,' VOLUME DA LIVRE CIRC. A VANTE=',F10.3,/2X,'3
* DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. DE VANTE DA PPAV=',F
*10.3,/2X,'4'3X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. DE VA
*NTE DA LB=',F10.3,/2X,'5',35X,' VOLUME DA LIVRE CIRC. A RE=',F10.3
*,/2X,'6 DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. DE RE DA P
*PAR=',F10.3,/2X,'7',5X,' DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DA LIVRE CI
*RC. DE RE DA LB=',F10.3)
WRITE(5,9902)
WRITE(5,9317)OP2,VLOV,XLOV,YLOV,VLOR,XLOR,YLOR
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9320 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9331
IF(INT.EQ.1)THEN
GOTO 100
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
WRITE(5,9311)
READ(5,9940)VLOV
ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
WRITE(5,9312)
READ(5,9940)XLOV
ELSEIF(INT.EQ.4)THEN
WRITE(5,9313)
READ(5,9940)YLOV
ELSEIF(INT.EQ.5)THEN
WRITE(5,9314)
READ(5,9940)VLOR

```

```
ELSEIF(INT.EQ.6)THEN
    WRITE(5,9315)
    READ(5,9940)XLOR
ELSE
    WRITE(5,9316)
    READ(5,9940)YLOR
```

```
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9320
```

```
9331 CONTINUE
```

```
220 CONTINUE
```

```
WRITE(6,9290)VOLV,XGTLV,YGTLV,VLCV,XLOV,YLOV
```

```
WRITE(7,9290)VOLV,XGTLV,YGTLV,VLCV,XLOV,YLOV
```

```
9290 FORMAT(/5X,'TANQUES DE LASTRO DE VANTE:/7X,'VOLUME DO TQ =',
*F10.3,' metros cubicos'/7X,'POS. LONG. CENTRO DE CARENA DO TQ=',
*F10.3,' metros DA PPAV'/7X,'POS. VERT. CENTRO DE CARENA DO TQ=',
*F10.3,' metros DA LB'/7X,'VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO=',F10.3,
*' metros cubicos'/7X,'POS. LONG. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC.=',
*,F10.3,' metros DA PPAV'/7X,'POS. VERT. CENTRO DE CARENA DA LIVRE
*CIRC. =',F10.3,' metros DA LB')
```

```
WRITE(6,9300)VOLR,XGTLR,YGTLR,VLCR,XLOR,YLOR
```

```
WRITE(7,9300)VOLR,XGTLR,YGTLR,VLCR,XLOR,YLOR
```

```
9300 FORMAT(/5X,'TANQUES DE LASTRO DE RE:/7X,'VOLUME DO TQ =',
*F10.3,' metros cubicos'/7X,'POS. LONG. CENTRO DE CARENA DO TQ=',
*F10.3,' metros DA PPAR'/7X,'POS. VERT. CENTRO DE CARENA DO TQ=',
*F10.3,' metros DA LB'/7X,'VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO=',F10.3,
*' metros cubicos'/7X,'POS. LONG. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC.=',
*,F10.3,' metros DA PPAR'/7X,'POS. VERT. CENTRO DE CARENA DA LIVRE
*CIRC. =',F10.3,' metros DA LB')
```

```
IF(OP1.NE.OP)GOTO 230
```

```
CALL GENFOH(XVT,0.,XRT,0.,X,Y)
```

```
GOTO 260
```

```
230 CONTINUE
```

```
C
C
C
C
```

```
CASCO HIDRODINAMICO: DADO DE ENTRADA DO CORPO DE REVOLUCAO
```

```
WRITE(5,9500)
```

```
9500 FORMAT(5X,'CASCO HIDRODINAMICO: DADO DE ENTRADA DO CORPO DE REVOL
*UCAO')
```

```
WRITE(5,9510)
```

```
9510 FORMAT(5X,'CORPO DE VANTE'/10X,'COMPRIMENTO = ? (metros-F10.3)')
```

```
READ(5,9940)XVT
```

```
WRITE(5,9520)
```

```
9520 FORMAT(5X,'ENTRAR COM 13 BALISAS A PARTIR DA PPAV')
```

```
DO 240 I=1,13
```

```
WRITE(5,9530)I
```

```
9530 FORMAT(5X,'BALISA No. ',I2,'(X-DISTANCIA A PPAV,Y-RAIO / 2F10.3)')
```

```
READ(5,9960)X(I),Y(I)
```

```
9960 FORMAT(2F10.3)
```

```
240 CONTINUE
```

```
9511 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO CORPO DE REVOLUCAO DE PROA =')
```

```
9512 FORMAT(2X,'NOVA COORDENADA DA BALIZA =',I2)
```

```
9513 FORMAT(2X,'14 ENTRADA DE DADOS DO CORPO DE REVOLUCAO PONTO POR PON
```

```
*TO =S',/2X,'15',14X,'COMPRIMENTO DO CORPO DE REVOLUCAO DE PROA =',
```

```
*F10.3)
```

```
9514 FORMAT(2X,I2,6X,F10.3,10X,F10.3)
```

```
9518 FORMAT(20X,'X',17X,'Y')
```

```
WRITE(5,9902)
```

```

WRITE(5,9518)
DO 9515 I=1,13
WRITE(5,9514)I,X(I),Y(I)
9515 CONTINUE
WRITE(5,9513)XVT
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9516 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9517
IF(INT.EQ.14)THEN
GOTO 21
ELSEIF(INT.EQ.15)THEN
WRITE(5,9511)
READ(5,9940)XVT
ELSE
WRITE(5,9512)INT
READ(5,9960)X(INT),Y(INT)
WRITE(5,9514)INT,X(INT),Y(INT)
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9516
9517 CONTINUE
WRITE(5,9540)
9540 FORMAT(5X,'CORPO DE RE'/10X,'COMPRIMENTO = (metros-F10.3)')
READ(5,9940)XRT
WRITE(5,9550)
9550 FORMAT(5X,'ENTRAR COM 11 BALISAS A PARTIR DA PPAR')
DO 250 I=14,24
WRITE(5,9560)I
9560 FORMAT(5X,'BALISA No. ',I2,'(X-DISTANCIA A PPAR,Y-RAIO - 2F10.3)')
READ(5,9960)X(I),Y(I)
250 CONTINUE
9561 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO CORPO DE REVOLUCAO DE POPA =')
9562 FORMAT(2X,'NOVA COORDENADA DA BALIZA =',I2)
9563 FORMAT(2X,'12 ENTRADA DE DADOS DO CORPO DE REVOLUCAO PONTO POR PON
*TO =S',/2X,'13',17X,'COMPRIMENTO DO CORPO DE REVOLUCAO DE POPA =',
*F10.3)
9564 FORMAT(2X,I2,6X,F10.3,10X,F10.3)
9568 FORMAT(20X,'X',17X,'Y')
WRITE(5,9902)
DO 9565 I=14,24
K=I-13
WRITE(5,9564)K,X(I),Y(I)
9565 CONTINUE
WRITE(5,9563)XRT
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9566 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9567
IF(INT.EQ.12)THEN
GOTO 21
ELSEIF(INT.EQ.13)THEN
WRITE(5,9561)
READ(5,9940)XRT
ELSE
K=I+13
WRITE(5,9562)INT
READ(5,9960)X(K),Y(K)
WRITE(5,9564)INT,X(K),Y(K)

```



```

END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9566
9567 CONTINUE
260 CONTINUE
WRITE(6,9310)XVT,(X(I),Y(I),I=1,13),XRT,(X(I),Y(I),I=14,24)
WRITE(7,9310)XVT,(X(I),Y(I),I=1,13),XRT,(X(I),Y(I),I=14,24)
9310 FORMAT(/5X,'CORPO DE PROA: COMPRIMENTO=',F6.2,' metros' /
*10X,'DIST A PPAV (metros) MEIA BOCA (metros)',13(/13X,F10.3,8X,
*F10.3)//5X,'CORPO DE POPA: COMPRIMENTO=',F6.2,' metros'
*/10X,'DIST A PPAR (metros) MEIA BOCA (metros)',
*13(/13X,F10.3,8X,F10.3))
270 CONTINUE
WRITE(5,9330)
9330 FORMAT(5X,'DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE=? (M3-F10.3)')
READ(5,9940)DESL1
WRITE(5,9350)
9350 FORMAT(5X,'POSICAO LONGITUDINAL DO CG EM RELACAO A PPAV=? (M-F10.3
*)')
READ(5,9940)XCG
WRITE(5,9360)
9360 FORMAT(5X,'POSICAO VERTICAL DO CG EM RELACAO A LB=? (M-F10.3)')
READ(5,9940)YCG
9361 FORMAT(2X,'NOVO DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE =')
9362 FORMAT(2X,'NOVA POSICAO LONGITUDINAL DO CG EM RELACAO A PPAV =')
9363 FORMAT(2X,'NOVA POSICAO VERTICAL DO CG EM RELACAO A LB =')
9364 FORMAT(2X,'1',19X,'DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE =',F10.3,/2X,'2 POSI
*CAO LONGITUDINAL DO CG EM RELACAO A PPAV =',F10.3,/2X,'3',7X,'POSI
*CAO VERTICAL DO CG EM RELACAO A LB =',F10.3)
WRITE(5,9902)
WRITE(5,9364)DESL1,XCG,YCG
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9365 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9366
IF(INT.EQ.1)THEN
WRITE(5,9361)
READ(5,9940)DESL1
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
WRITE(5,9362)
READ(5,9940)XCG
ELSE
WRITE(5,9363)
READ(5,9940)YCG
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9365
9366 CONTINUE
WRITE(7,9371)DESL1,XCG,YCG
9371 FORMAT(5X,'DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE=',F10.2,' metros cubicos' /5X
*,'POSICAO LONGITUDINAL DO CG=',F10.2,' metros' /5X,'POSICAO VERTICA
*L DO CG=',F10.2,' metros')
DESL=DESL1+VLOV+VLOR
RFLU=(VOLV+VOLR)/DESL1*100
XCG=(XCG*DESL1+XLOV*VLOV+(COMPT-XLOR)*VLOR)/DESL
YCG=(YCG*DESL1+YLOV*VLOV+YLOR*VLOR)/DESL
WRITE(6,9370)DESL,XCG,YCG,RFLU
9370 FORMAT(5X,'DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE=',F10.2,' metros cubicos' /5X

```

```

*, 'POSICAO LONGITUDINAL DO CG=', F10.2, ' metros' / 5X, 'POSICAO VERTICA
*L DO CG=', F10.2, ' metros' / 5X, 'RESERVA DE FLUTUABILIDADE=', F10.2,
* ' %')
H1=.8*DIAME
XP=COMPT-XVT-XRT
CALL HIDRO1(H1,RMAX,XVT,XRT,XP,Y,AWL,VOL1,YCB,XCB,XCF,BML,BMT)
H2=(DESL-VOL1)/AWL+H1
300 CONTINUE
IF(H2.GE.DIAME)GOTO 350
CALL HIDRO1(H2,RMAX,XVT,XRT,XP,Y,AWL,VOL2,YCB,XCB,XCF,BML,BMT)
H=H2+(DESL-VOL2)*(H2-H1)/(VOL2-VOL1)
CALL HIDRO1(H,RMAX,XVT,XRT,XP,Y,AWL,VOL,YCB,XCB,XCF,BML,BMT)
IF(ABS(DESL-VOL).LE.0.01)GOTO 310
H1=H2
H2=H
VOL1=VOL2
GOTO 300
310 CONTINUE
GML=YCB+BML-YCG
TRIM=ASIN*((XCG-XCB)/(YCB+BML-YCG))
HAV=H-XCF*TAN(TRIM)
HAR=H+(COMPT-XCF)*TAN(TRIM)
TRIM=180./PI*TRIM
GMT=YCB+BMT-YCG
WRITE(6,9400)H,VOL,YCB,XCB,BML,GML,BMT,GMT,TRIM,HAV,HAR,AWL,XCF
9400 FORMAT(5X,'CALADO NA SUPERFICIE=',F10.3,' metros' /
*5X,'DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE=',F10.3,' metros cubicos' /
*5X,'POSICAO VERTICAL DO CENTRO DE CARENA=',F10.3,' metros' /
*5X,'POSICAO LONGITUDINAL DO CENTRO DE CARENA=',F10.3,' metros' /
*5X,'RAIO METACENTRICO LONGITUDINAL=',F10.3,' metros' /
*5X,'ALTURA METACENTRICA LONGITUDINAL=',F10.3,' metros' /
*5X,'RAIO METACENTRICO TRANSVERSAL=',F10.3,' metros' /
*5X,'ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL=',F10.3,' metros' /
*5X,'ANGULO DE TRIM=',F6.3,' graus' /
*5X,'CALADO AVANTE=',F10.3,' metros' /
*5X,'CALADO A RE=',F10.3,' metros' /
*5X,'AREA DA LINHA D"AGUA=',F10.3,' metros quadrados' /
*5X,'POSICAO LONGITUDINAL DO CENTRO DE FLUTUACAO',F10.3,' metros')
GOTO 5000
350 CONTINUE
WRITE(5,9410)H2
9410 FORMAT(/5X,'CALADO NA SUPERFICIE=',F10.2,
* ' metros > DIAMETRO: NAO HA EQUILIBRIO NA SUPERFICIE')
5000 STOP
END

```

```

C
C * * * * *
C

```

```

SUBROUTINE GEFOR(XL,VOL,XGCR,LC,VLCC,XLCC,YLCC,VLO,XLO,YLO,OP2,
*OP3)
COMMON/A/XVT,XRT,R,RBOS,NA,NX,A0,A1,A2,A3,TETAR,A,B
DIMENSION S(24),STA(24),X(24),Y(24)
CHARACTER OP,OP1,OP2,OP3,OP4,OP5,OP6,CONF
DATA STA/0.,0.5,1.,1.5,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.,10.,0.,1.,2.,3.,4.,
*5.,6.,7.,8.,9.,10./
DATA S/.5,2.,1.,2.,1.5,4.,2.,4.,2.,4.,2.,4.,1.,1.,4.,2.,4.,2.,4.,
*2.,4.,2.,4.,1./
OP='S'
PI=3.141593
10 CONTINUE

```

```

LC=0
XL=0.
WRITE(5,9030)OP2
9030 FORMAT(5X,'NUMERO DE SEGMENTOS DO CASCO RESISTENTE A',A1,
*' = ? (I1)')
READ(5,9910)N
9910 FORMAT(I1)
I=1
9911 IF(I.GT.N)GOTO 200
WRITE(5,9060)I,OP2
9060 FORMAT(5X,'FORMA DO SEGMENTO No. ',I1,' DO CASCO RESISTENTE A',
*A1,' :/7X,'(C)ALOTA;/7X,'(O)NICO ;/7X,'(I)LINDRICO ? (A1)')
READ(5,9901)OP1
IF(OP1.NE.'C')GOTO 100
WRITE(5,9000)OP2
9000 FORMAT(5X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE DA CALOTA A PPA',A1,' =? (metr
*os-F10.3)')
READ(5,9900)XL
9900 FORMAT(F10.3)
WRITE(5,9010)OP2
9010 FORMAT(5X,'RAIO DA CALOTA A',A1,' = ? (metros-F10.3)')
READ(5,9900)RC
WRITE(5,9020)OP2
9020 FORMAT(5X,'RAIO DA BORDA CALOTA A',A1,' = ? (metros-F10.3)')
READ(5,9900)RB
9904 FORMAT(//////////2X,'O',3X,'Nenhuma alteracao',/,)
9021 FORMAT(2X,'NOVO NUMERO DE SEGMENTOS=')
9022 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DA CALOTA A PPA',A1,'=')
9023 FORMAT(2X,'NOVO RAIO DA CALOTA=')
9024 FORMAT(2X,'NOVO RAIO DA BORDA DA CALOTA=')
9025 FORMAT(2X,'1',23X,'NUMERO DE SEGMENTOS=',I1,/2X,'2 ',
*'DISTANCIA DA EXTREMIDADE DA CALOTA A PPA',A1,'=',F10.3,/2X,'3',
*28X,'RAIO DA CALOTA=',F10.3,/2X,'4',19X,'RAIO DA BORDA DA CALOTA=
*'F10.3)
9905 FORMAT(/,/,2X,'Entre com a opcao para fazer modificacoes(I2): ')
9906 FORMAT(I2)
9907 FORMAT(/' CONFIRMA DADOS (S/N)?')
WRITE(5,9904)
WRITE(5,9025)N,OP2,XL,RC,RB
9908 CONTINUE
WRITE(5,9907)
READ(5,9901)OP6
IF(OP6.EQ.'S')GOTO 35
IF (OP6.NE.'N')GOTO 9908
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
30 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 35
IF(INT.EQ.1)THEN
WRITE(5,9021)
READ(5,9910)N
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
WRITE(5,9022)OP2
READ(5,9900)XL
ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
WRITE(5,9023)
READ(5,9900)RC
ELSE
WRITE(5,9024)
READ(5,9900)NARIZ

```



```

END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 30
35 CONTINUE
36 FORMAT(/2X,'DESCRICAO DO ',I1,' SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE',/5
*X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE DA CALOTA A PPA',A1,'=',F10.3,/5X,'RAI
*O DA CALOTA=',F10.3,/5X,'RAIO DA BORDA DA CALOTA=',F10.3)
WRITE(7,36)I,OP2,XL,RC,RB
I=I+1
C=RB
IF(RB.LT.RC)C=RC-SQRT(RC*RC-RB*RB)
VOL= PI*C*(3.*RB*RB+C*C)/6.
XGCR=(XL+RC-3./4.*(2.*RC-C)**2/(3.*RC-C))*VOL
XL=XL+C
GOTO 9911
100 CONTINUE
IF(OP1.NE.'0')GOTO 150
IF(XL.NE.0.)GOTO 110
WRITE(5,9001)OP2
9001 FORMAT(5X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE DO CONE A PPA',A1,' =? (metros
*-F10.3)')
READ(5,9900)XL
110 CONTINUE
WRITE(5,9040)I,OP2
9040 FORMAT(5X,'DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO No. ',I1,
*' DO CASCO RESISTENTE A',A1,' =? (metros-F10.3)')
READ(5,9900)D1
WRITE(5,9090)I,OP2
9090 FORMAT(5X,'DIAMETRO MAIOR DO SEGMENTO CONICO No. ',I1,
*' DO CASCO RESISTENTE A',A1,' =? (metros-F10.3)')
READ(5,9900)D2
WRITE(5,9050)I,OP2,OP2
9050 FORMAT(5X,'COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO No. ',I1,
*' DO CASCO RESISTENTE A',A1,('"-" SE LADO MAIOR DO CONE A',
*A1,' =? (metros-F10.3)')
READ(5,9900)H1
9031 FORMAT(2X,'NOVA DIAMETRO MENOR=')
9032 FORMAT(2X,'NOVO DIAMETRO MAIOR=')
9033 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO=')
9034 FORMAT(2X,'1',15X,'NUMERO DE SEGMENTOS=',I1,/2X,'2',
*' DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO=',F10.3,/2X,'3 DIAMETRO MAIOR
*DO SEGMENTO CONICO=',F10.3,/2X,'4',4X,'COMPRIMENTO DO SEGMENTO CO
*NICO=',F10.3)
WRITE(5,9904)
WRITE(5,9034)N,D1,D2,H1
9037 CONTINUE
WRITE(5,9907)
READ(5,9901)OP6
IF(OP6.EQ.'S')GOTO 45
IF (OP6.NE.'N')GOTO 9037
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
40 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 45
IF(INT.EQ.1)THEN
WRITE(5,9021)
READ(5,9910)N
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
WRITE(5,9031)

```

```

        READ(5,9900)D1
        ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
            WRITE(5,9032)
            READ(5,9900)D2
        ELSE
            WRITE(5,9033)
            READ(5,9900)H1
    END IF
    WRITE(5,9905)
    READ(5,9906)INT
    GOTO 40
45 CONTINUE
9003 FORMAT(/2X,'DESCRICAO DO ',I1,' SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE',/5
*X,'DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO=',F10.3,/5X,'DIAMETRO MAIOR D
*O SEGMENTO CONICO=',F10.3,/5X,'COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO='F1
*0.3)
    WRITE(7,9003)I,D1,D2,H1
    I=I+1
    C=H1
    IF(H1.LT.0.)C=-H1
    AUX=PI*(D1*D1+D2*D2+D1*D2)*C/12.
    VOL=VOL+AUX
    IF(H1.LT.0)THEN
        XGCR=XGCR+AUX*(XL+C/4.*(D2*D2+2.*D1*D2+3.*D1*D1)/(D1*D1+D2*D2+
*D1*D2))
    ELSE
        XGCR=XGCR+AUX*(XL+C-C/4.*(D2*D2+2.*D1*D2+3.*D1*D1)/(D1*D1+D2*D2+D1
**D2))
    END IF
    XL=XL+C
    GOTO 9911
150 CONTINUE
    IF(XL.NE.0.)GOTO 160
    WRITE(5,9002)OP2
9002 FORMAT(5X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE DO CILINDRO A PPA',A1,'=? (me
*tros-F10.3)')
    READ(5,9900)XL
160 CONTINUE
    WRITE(5,9070)I,OP2
9070 FORMAT(5X,'DIAMETRO DO SEGMENTO CILINDRICO No. ',I1,
*' DO CASCO RESISTENTE A',A1,'=? (metros-F10.3)')
    READ(5,9900)D1
    WRITE(5,9080)I,OP2
9080 FORMAT(5X,'COMPRIMENTO DO SEGMENTO CILINDRICO No. ',I1,
*' DO CASCO RESISTENTE A',A1,'=? (metros-F10.3)')
    READ(5,9900)C
9041 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DA EXTREMIDADE DO CILINDRO=')
9042 FORMAT(2X,'NOVO DIAMETRO DO CILINDRO=')
9043 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO CILINDRO=')
9044 FORMAT(2X,'1',18X,'NUMERO DE SEGMENTOS=',I1,/2X,'2 DISTANCIA DA EX
*TREMIDADE DO CILINDRO=',F10.3,/2X,'3',17X,'DIAMETRO DO CILINDRO=',
*F10.3,/2X,'4',14X,'COMPRIMENTO DO CILINDRO='F10.3)
    WRITE(5,9904)
    WRITE(5,9044)N,XL,D1,C
9047 CONTINUE
    WRITE(5,9907)
    READ(5,9901)OP6
    IF(OP6.EQ.'S')GOTO 47
    IF (OP6.NE.'N')GOTO 9047
    WRITE(5,9905)

```

```

READ(5,9906)INT
46 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 47
IF(INT.EQ.1)THEN
    WRITE(5,9021)
    READ(5,9910)N
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,9041)OP2
    READ(5,9900)XL
ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    WRITE(5,9042)
    READ(5,9900)D1
ELSE
    WRITE(5,9043)
    READ(5,9900)C
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 46
47 CONTINUE
48 FORMAT(/2X,'DESCRICAO DO ',I1,' SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE',/,5X
*, 'DISTANCIA DA EXTREMIDADE DO CILINDRO=',F10.3,/,5X,'DIAMETRO DO CI
*LINDRO=',F10.3,/,5X,'COMPRIMENTO DO CILINDRO=',F10.3)
WRITE(7,48)I,XL,D1,C
I=I+1
AUX=PI*D1*D1*C/4.
VOL=VOL+AUX
XGCR=XGCR+AUX*(XL+C/2.)
XL=XL+C
GOTO 9911
200 CONTINUE
205 CONTINUE
WRITE(5,9099)OP2
9099 FORMAT(5X,' LIVRE CIRCULACAO/COMPONENTES DO TQ DE LASTRO A',A1,
*, ' SERAO DADOS COMO PERCENTAGEM DE SEU VOLUME (S/N)? (A1)')
READ(5,9901)OP1
9901 FORMAT(A1)
VLCC=0.
XLCC=0.
YCCC=0.
VLO=0.
XLO=0.
YLO=0.
LC=0
IF(OP1.EQ.OP) GOTO 400
WRITE(5,9100)OP2
9100 FORMAT(5X,'NUMERO DE COMPARTIMENTOS DE LIVRE CIRCULACAO E COMPONEN
*TES DO TQ DE LASTRO A',A1,' =? (I2)')
READ(5,9920)N
9920 FORMAT(I2)
I=1
9999 IF(I.GT.N)GOTO 301
WRITE(5,9105)I,OP2
9105 FORMAT(5X,'TIPO DO COMPARTIMENTO No. ',I2,' DO TQ DE LASTRO A',A1,
*, ' :/7X,(L)IVRE CIRCULACAO ;/7X,'COMPONENTE (I)NTERNO A LIVRE CI
*RCULACAO ;/7X,'COMPONENTE (E)XTERNO A LIVRE CIRCULACAO ? (A1)')
READ(5,9901)OP4
9109 CONTINUE
WRITE(5,9110)I,OP2
9110 FORMAT(5X,'FORMA DO COMPARTIMENTO DE LIVRE CIRCULACAO OU COMPONENT

```

```

*E No. ',I2,' A',A1,' :/7X,'(C)ILINDRO ;/7X,'(U)NHA ;/7X,
*(S)EGUIENTO DO CASCO ;/7X,'(V)OLUME ? (A1)')
  READ(5,9901)OP1
  WRITE(5,9115)
9115 FORMAT(5X,'COMPARTIMENTO DEVE SER DEBITADO DO COMPUTO GERAL (S/N)?
*(A1)')
  READ(5,9901)OP5
  IF(OP1.NE.'C')GOTO 210
  WRITE(5,9120)I
9120 FORMAT(5X,'DIAMETRO DO CILINDRO No. ',I2,
*' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)D1
  WRITE(5,9130)I
9130 FORMAT(5X,'COMPRIMENTO DO CILINDRO No. ',I2,
*' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)C
  WRITE(5,9140)OP2,I,OP2
9140 FORMAT(5X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS A',A1,' DO CILINDRO No. '
*,I2,' A PPA',A1,' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)X1
  WRITE(5,9150)I
9150 FORMAT(5X,'ANGULO DE INCLINACAO DO CILINDRO No. ',I2,
*' COM O EIXO VERTICAL = ? (GRAUS-F10.3)')
  READ(5,9900)PSI
  WRITE(5,9160)I
9160 FORMAT(5X,'ANGULO DE INCLINACAO DA PROJECAO DO CILINDRO No. ',I2,
*' NO PLANO BASE COM A LB = ? (GRAUS-F10.3)')
  READ(5,9900)BETA
  WRITE(5,9170)I
9170 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO EIXO DO CILINDRO No. ',I2,' A LINHA BASE N
*O SEU PONTO MAIS BAIXO = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)Y1
9063 FORMAT(2X,'NOVO TIPO DE COMPARTIMENTO ( L , I , E , V ) =')
9051 FORMAT(2X,'NOVO NUMERO DE SEGMENTOS=')
9052 FORMAT(2X,'NOVO DIAMETRO DO CILINDRO =')
9053 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO CILINDRO =')
9054 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CILINDRO A',A1,' =')
9055 FORMAT(2X,'NOVO ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAL =')
9056 FORMAT(2X,'NOVO ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE =')
9057 FORMAT(2X,'COMPARTIMENTO DEVE SER DEBITADO DO COMPUTO GERAL (S/N)?
*(A1)')
9058 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO EIXO NA SUA POSICAO MAIS BAIXA A LINH
*A DE BASE =')
9059 FORMAT(2X,'1',35X,'NUMERO DE CILINDROS =',I2,/2X,'2',33X,'TIPO DE
*COMPARTIMENTO =',A1,/2X,'3',32X,'FORMA DO COMPARTIMENTO =',A1,/2X,
*'4',34X,'DIAMETRO DO CILINDRO =',F10.3,/2X,'5',31X,'COMPRIMENTO DO
* CILINDRO =',F10.3,/2X,'6',30X,'DISTANCIA DO CILINDRO A',A1,' =',
*'F10.3,/2X,'7',16X,'ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAL =',F10.3
*,/,2X,'8 ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE COM A LB =',
*'F10.3,/2X,'9',21X,'DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE =',F10.3/1X,
*'10',6X,'COMPARTIMENTO DEVE SER DEBITADO DO COMPUTO GERAL =',A1)
  WRITE(5,9904)
  WRITE(5,9059)N,OP4,OP1,D1,C,OP2,X1,PSI,BETA,Y1,OP5
9066 CONTINUE
  WRITE(5,9907)
  READ(5,9901)OP6
  IF(OP6.EQ.'S')GOTO 9062
  IF (OP6.NE.'N')GOTO 9066
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT

```



```

9061 CONTINUE
  IF(INT.EQ.0)GOTO 9062
  IF(INT.EQ.1)THEN
    WRITE(5,9051)
    READ(5,9920)N
  ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,9063)
    READ(5,9901)OP4
  ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    GOTO 9109
  ELSEIF(INT.EQ.4)THEN
    WRITE(5,9052)
    READ(5,9900)D1
  ELSEIF(INT.EQ.5)THEN
    WRITE(5,9053)
    READ(5,9900)C
  ELSEIF(INT.EQ.6)THEN
    WRITE(5,9054)OP2
    READ(5,9900)X1
  ELSEIF(INT.EQ.7)THEN
    WRITE(5,9055)
    READ(5,9900)PSI
  ELSEIF(INT.EQ.8)THEN
    WRITE(5,9056)
    READ(5,9900)BETA
  ELSEIF(INT.EQ.9)THEN
    WRITE(5,9058)
    READ(5,9900)Y1
  ELSE
    WRITE(5,9057)
    READ(5,9901)OP5
  END IF
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
  GOTO 9061
9062 CONTINUE
9067 FORMAT(/)
9064 FORMAT(2X,'DESCRICAO DO ',I2,' COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO A
*,A1,/5X,'TIPO DE COMPARTIMENTO =',A1,/5X,'FORMA DO COMPARTIMENTO
*=',A1,/5X,'DIAMETRO DO CILINDRO =',F10.3,/5X,'COMPRIMENTO DO CILIN
*DRO =',F10.3,/5X,'DISTANCIA DO CILINDRO A',A1,' =',F10.3,/5X,'ANG
*ULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO =',F10.3,/5X,'ANGULO DA PROJE
*CAO DO CILINDRO NO PLANO BASE =',F10.3,/5X,'DISTANCIA DO EIXO A L
*INHA DE BASE =',F10.3)
  WRITE(7,9067)
  WRITE(7,9064)I,OP2,OP4,OP1,D1,C,OP2,X1,PSI,BETA,Y1
  I=I+1
  VLC=PI*D1*D1*C/4.
  PSI=PSI*PI/180.
  BETA=BETA*PI/180.
  XLC=X1+C*SIN(PSI)*COS(BETA)/2.
  YLC=Y1+C*COS(PSI)/2.
  GOTO 290
210 CONTINUE
  IF(OP1.NE.'U')GOTO 220
  WRITE(5,9190)I
9190 FORMAT(5X,'COMPRIMENTO DA CUNHA No. ',
*I2,' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)C
  WRITE(5,9200)I

```

```

9200 FORMAT(5X,'LARGURA DA CUNHA No. ',
  *I2,' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)D1
  WRITE(5,9210)OP2,I
9210 FORMAT(5X,'ALTURA DA FACE MAIS A',A1,' DA CUNHA No. ',I2,
  *' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)H1
  WRITE(5,9230)I
9230 FORMAT(5X,'ALTURA DA OUTRA FACE DA CUNHA No. '
  *,I2,' = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)H2
  WRITE(5,9240)OP2,I
9240 FORMAT(5X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS A',A1,' DA CUNHA No. ',
  *I2,' A PPAV/AR = ? (metros-F10.3)')
  READ(5,9900)X1
  WRITE(5,9250)I
9250 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CONVES DA CUNHA No. ',
  *I2,' A LINHA BASE ("-" SE CUNHA POR BAIXO DO CONVES) = ? (metros-F
  *10.3)')
  READ(5,9900)Y1
9251 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DA CUNHA =')
9252 FORMAT(2X,'NOVA LARGURA DA CUNHA =')
9253 FORMAT(2X,'NOVA ALTURA DA FACE MAIS A',A1,' =')
9254 FORMAT(2X,'NOVA ALTURA DA OUTRA FACE =')
9255 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS A',A1,' =')
9256 FORMAT(2X,'NOVO DISTANCIA DO CONVES DA CUNHA A LB =')
9257 FORMAT(2X,'1',29X,'NUMERO DE SEGMENTOS =',I2,/2X,'2',27X,'TIPO DE
  *COMPARTIMENTO =',A1,/2X,'3',26X,'FORMA DO COMPARTIMENTO =',A1,/2X,
  *'4',28X,'COMPRIMENTO DA CUNHA =',F10.3,/2X,'5',33X,'LARGURA DA CUN
  *HA=',F10.3,/2X,'6',26X,'ALTURA DA FACE MAIS A',A1,' =',F10.3,/2X,
  *'7',28X,'ALTURA DA OUTRA FACE =',F10.3,/2X,'8',16X,'DISTANCIA DA
  *EXTREMIDADE MAIS A',A1,' =',F10.3,/2X,'9',20X,'DISTANCIA DO CONVE
  *S DA CUNHA =',F10.3/1X,'10 COMPARTIMENTO DEVE SER DEBITADO DO COMP
  *UTO GERAL=',A1)
  WRITE(5,9904)
  WRITE(5,9257)N,OP4,OP1,C,D1,OP2,H1,H2,OP2,X1,Y1,OP5
9301 CONTINUE
  WRITE(5,9907)
  READ(5,9901)OP6
  IF(OP6.EQ.'S')GOTO 9259
  IF (OP6.NE.'N')GOTO 9301
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
9258 CONTINUE
  IF(INT.EQ.0)GOTO 9259
  IF(INT.EQ.1)THEN
    WRITE(5,9051)
    READ(5,9920)N
  ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,9063)
    READ(5,9901)OP4
  ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    GOTO 9109
  ELSEIF(INT.EQ.4)THEN
    WRITE(5,9251)
    READ(5,9900)C
  ELSEIF(INT.EQ.5)THEN
    WRITE(5,9252)
    READ(5,9900)D1
  ELSEIF(INT.EQ.6)THEN

```



```

WRITE(5,9253)OP2
READ(5,9900)H1
ELSEIF(INT.EQ.7)THEN
    WRITE(5,9254)
    READ(5,9900)H2
    ELSEIF(INT.EQ.8)THEN
        WRITE(5,9255)OP2
        READ(5,9900)X1
        ELSEIF(INT.EQ.9)THEN
            WRITE(5,9256)
            READ(5,9900)Y1
        ELSE
            WRITE(5,9057)
            READ(5,9901)OP5

```

```

END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9258

```

9259 CONTINUE

```

221 FORMAT(/2X,'DESCRICAO DO ',I2,' COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO
*A',A1,/5X,'TIPO DE COMPARTIMENTO =',A1,/5X,'FORMA DO COMPARTIMENTO
* =',A1,/5X,'COMPRIMENTO DA CUNHA =',F10.3,/5X,'LARGURA DA CUNHA ='
*,F10.3,/5X,'ALTURA DA FACE MAIS A',A1,' =',F10.3,/5X,'ALTURA DA O
*UTRA FACE =',F10.3,/5X,'DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS A',A1,' =',
*,F10.3,/5X,'DISTANCIA DO CONVES DA CUNHA =',F10.3)

```

```

WRITE(7,221)I,OP2,OP4,OP1,C,D1,OP2,H1,H2,OP2,X1,Y1

```

```

I=I+1

```

```

VLC=C*D1*(H1+H2)/2.

```

```

AUX=2.

```

```

IF(H1.GT.H2)GOTO 215

```

```

AUX=H1

```

```

H1=H2

```

```

H2=AUX

```

```

AUX=1.

```

215 CONTINUE

```

XLC=(H1*(2.*X1+C)+(H2-H1)*(X1+AUX*C/3.))/(H1+H2)

```

```

YLC=Y1+(H1**2+(H2-H1)**2/3.)/(H1+H2)

```

```

IF(Y1.LT.0.)YLC=-YLC

```

```

GOTO 290

```

220 CONTINUE

```

IF(OP1.NE.'V')GOTO 230

```

```

WRITE(5,9260)I

```

9260 FORMAT(5X,'VOLUME DO COMPARTIMENTO DE LIVRE CIRCULACAO OU COMPONEN
*TE No. ',I2,' = ? (metros cubicos-F10.3)')

```

READ(5,9900)VLC

```

```

WRITE(5,9270)I,OP2

```

9270 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO COMPARTIMENTO DE LIVRE
* CIRCULACAO OU COMPONENTE No. ',I2,' A PPA',A1,

```

*' = ? (metros-F10.3)')

```

```

READ(5,9900)XLC

```

```

WRITE(5,9280)I

```

9280 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA DO COMPARTIMENTO DE LIVRE
* CIRCULACAO OU COMPONENTE No. ',I2,

```

*' A LINHA BASE = ? (metros-F10.3)')

```

```

READ(5,9900)YLC

```

9281 FORMAT(2X,'NOVO VOLUME DO COMPARTIMENTO=')

9282 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A PPA',A1,' =')

9283 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A LINHA DE BASE=')

9284 FORMAT(2X,'1',30X,'NUMERO DE SEGMENTOS=',I2,/2X,'2',20X,'TIPO DE C
*OMPARTIMENTO=',A1,/2X,'3',27X,'FORMA DO COMPARTIMENTO=',A1,/2X,'4'

```

*,26X,'VOLUME DO COMPARTIMENTO=',F10.3,/2X,'5',13X,'DISTANCIA DO CE
*NTRO DE CARENA A PPA',A1,'=',F10.3,/2X,'6',4X,'DISTANCIA DO CENTRO
* DE CARENA A LINHA DE BASE=',F10.3/1X,'10 COMPARTIMENTO DEVE SER D
*EBITADO DO COMPUTO GERAL=',A1)
WRITE(5,9904)
WRITE(5,9284)N,OP4,OP1,VLC,OP2,XLC,YLC,OP5
9088 CONTINUE
WRITE(5,9907)
READ(5,9901)OP6
IF(OP6.EQ.'S')GOTO 9086
IF (OP6.NE.'N')GOTO 9088
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
9085 CONTINUE
IF(INT.EQ.0)GOTO 9086
IF(INT.EQ.1)THEN
WRITE(5,9051)
READ(5,9920)N
ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
WRITE(5,9063)
READ(5,9901)OP4
ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
GOTO 9109
ELSEIF(INT.EQ.4)THEN
WRITE(5,9281)
READ(5,9900)VLC
ELSEIF(INT.EQ.5)THEN
WRITE(5,9282)OP2
READ(5,9900)XLC
ELSEIF(INT.EQ.6)THEN
WRITE(5,9283)
READ(5,9900)YL
ELSE
WRITE(5,9057)
READ(5,9901)OP5
END IF
WRITE(5,9905)
READ(5,9906)INT
GOTO 9085
9086 CONTINUE
9087 FORMAT(/2X,'DESCRICAO DO ',I2,' COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO
*A',A1,/5X,'TIPO DE COMPARTIMENTO=',A1,/5X,'FORMA DO COMPARTIMENTO=
*',A1,/5X,'VOLUME DO COMPARTIMENTO=',F10.3,/5X,'DISTANCIA DO CENTRO
* DE CARENA A PPA',A1,'=',F10.3,/5X,'DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA
*A LINHA DE BASE=',F10.3)
WRITE(7,9087)I,OP2,OP4,OP1,VLC,OP2,XLC,YLC
I=I+1
GOTO 290
230 CONTINUE
WRITE(5,9300)OP2,I,OP2
9300 FORMAT(5X,'DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS A',A1,' DO SEGMENTO DE CASCO
* No.',I2,' A PPA',A1,' = ?(metros-F10.3)')
READ(5,9900)X1
WRITE(5,9310)I
9310 FORMAT(5X,'COMPRIMENTO DO SEGMENTO DE CASCO No.',I2,
*' = ?(metros-F10.3)')
READ(5,9900)C
WRITE(5,9320)I
9320 FORMAT(5X,'DISTANCIA DO CONVES DO SEGMENTO DE CASCO No.'
*,I1,' A LINHA BASE("-" SE SEGMENTO POR BAIXO DO CONVES) = ?(metros

```

```

*-F10.3')
  READ(5,9900)Y1
  WRITE(5,9330)I
9330 FORMAT(5X,'LARGURA DO SEGMENTO DE CASCO No. '
*,I1,' = ?(F10.3-metros)')
  READ(5,9900)D1
9331 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS A',A1,'=')
9332 FORMAT(2X,'NOVO COMPRIMENTO DO SEGMENTO DE CASCO=')
9333 FORMAT(2X,'NOVA DISTANCIA DO CONVES DO SEGMENTO DE CASCO A LB=')
9334 FORMAT(2X,'NOVA LARGURA DO SEGMENTO DE CASCO=')
9335 FORMAT(2X,'1',30X,'NUMERO DE SEGMENTOS=',I2,/2X,'2',28X,'TIPO DE C
*OMPARTIMENTO=',A1,/2X,'3',27X,'FORMA DO COMPARTIMENTO=',A1,/2X,'4'
*,20X,'DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS A',A1,'=',F10.3,/2X,'5',17X,'COMP
*RIMENTO DO SEGMENTO DE CASCO=',F10.3,/2X,'6',4X,'DISTANCIA DO CONV
*ES DO SEGMENTO DE CASCO A LB=',F10.3,/2X,'7',21X,'LARGURA DO SEGME
*NTO DE CASCO=',F10.3/1X,'10 COMPARTIMENTO DEVE SER DEBITADO DO COM
*PUTO GERAL=',A1)
  WRITE(5,9904)
  WRITE(5,9335)N,OP4,OP1,OP2,X1,C,Y1,D1,OP5
9339 CONTINUE
  WRITE(5,9907)
  READ(5,9901)OP6
  IF(OP6.EQ.'S')GOTO 9337
  IF (OP6.NE.'N')GOTO 9339
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
9336 CONTINUE
  IF(INT.EQ.0)GOTO 9337
  IF(INT.EQ.1)THEN
    WRITE(5,9051)
    READ(5,9920)N
  ELSEIF(INT.EQ.2)THEN
    WRITE(5,9063)
    READ(5,9901)OP4
  ELSEIF(INT.EQ.3)THEN
    GOTO 9109
  ELSEIF(INT.EQ.4)THEN
    WRITE(5,9331)OP2
    READ(5,9900)X1
  ELSEIF(INT.EQ.5)THEN
    WRITE(5,9332)
    READ(5,9900)C
  ELSEIF(INT.EQ.6)THEN
    WRITE(5,9333)
    READ(5,9900)Y1
  ELSEIF(INT.EQ.7)THEN
    WRITE(5,9334)
    READ(5,9900)D1
  ELSE
    WRITE(5,9057)
    READ(5,9901)OP5
  END IF
  WRITE(5,9905)
  READ(5,9906)INT
  GOTO 9336
9337 CONTINUE
9338 FORMAT(/2X,'DESCRICAO DO ',I2,' COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO
*A',A1,/5X,'TIPO DE COMPARTIMENTO=',A1,/5X,'FORMA DO COMPARTIMENTO=
*',A1,/5X,'DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS A',A1,'=',F10.3,/5X,'COMPRIME
*NTO DO SEGMENTO DE CASCO=',F10.3,/5X,'DISTANCIA DO CONVES DO SEGME

```

```

*NTD DE CASCO A LB='F10.3,/5X,'LARGURA DO SEGMENTO DE CASCO='
*F10.3)
WRITE(7,9338)I,OP2,OP4,OP1,OP2,X1,C,Y1,D1
I=I+1
IF(OP3.NE.'S')GOTO 240
IF(OP2.EQ.'V')CALL GENFOH(C,X1,0.,0.,X,Y)
IF(OP2.EQ.'R')CALL GENFOH(0.,0.,C,X1,X,Y)
GOTO 260
240 CONTINUE
WRITE(5,9500)I
9500 FORMAT(5X,'CASCO HIDRODINAMICO: DADO DE ENTRADA DO CORPO DE REVOL
*UCAO NA REGIAO DO SEGMENTO No.',I1)
WRITE(5,9510)I
9510 FORMAT(5X,'SEGMENTO No.',I1/10X,'COMPRIMENTO = (metros-F10.3)')
READ(5,9900)C
IAUX=13
IF(OP2.EQ.'R')IAUX=11
WRITE(5,9520)IAUX,OP2
9520 FORMAT(5X,'ENTRAR COM ',I2,' BALISAS A PARTIR DA PPA',A1)
JAUX=1
IF(OP2.EQ.'R')JAUX=14
IF(OP2.EQ.'R')IAUX=24
DO 250 J=JAUX,IAUX
WRITE(5,9530)J,OP2
9530 FORMAT(5X,'BALISA No. ',I2,'(X-DISTANCIA A PPA',A1,' Y-RAIO / 2F10
*.3)')
READ(5,9960)X(J),Y(J)
9960 FORMAT(2F10.3)
250 CONTINUE
260 CONTINUE
H1=-Y1
IF(H1.LT.0.)H1=2.*R+H1
S1=0.
S2=0.
S3=0.
DO 280 J=1,24
IF(Y(J).LE.0.)GOTO 280
IF(ABS(H1-R).GE.Y(J))GOTO 270
AUX=Y(J)**2-(H1-R)**2
IF(AUX.LT.0.)AUX=0.
AUX=SQRT(AUX)
IF(D1/2..LT.AUX)AUX=D1/2.
PSI=AUX/Y(J)
IF(PSI.GT.1.0)PSI=1.0
ALFA=2.*ASIN(PSI)
IF(H1.GT.R.AND.AUX.NE.D1/2)ALFA=2.*PI-ALFA
H2=R-Y(J)*COS(ALFA/2.)
AREA=((2.*Y(J)**2)*(ALFA-SIN(ALFA)))/8.
CKB=R-(4./3.*Y(J)*(SIN(ALFA/2.))**3)/(ALFA-SIN(ALFA))
GOTO 275
270 CONTINUE
AREA=PI*Y(J)**2
CKB=R
H2=H1
275 CONTINUE
S1=S1+(AREA+(H1-H2)*D1)*S(J)
S2=S2+(AREA*CKB+D1*(H1*H1-H2*H2)/2.)*S(J)
S3=S3+(AREA+(H1-H2)*D1)*(X1+STA(J)*C/10.)*S(J)
280 CONTINUE
VLC=(C/10.)*S1/3.

```

```

XLC=(C/10.)*S3/3./VLC
YLC=(C/10.)*S2/3./VLC
IF(Y1.GT.0.)YLC=2.*R-YLC
290 CONTINUE
IF(OP5.EQ.'S')THEN
    VLC=-VLC
ENDIF
IF(OP4.NE.'L')GOTO 295
VLCC=VLCC+VLC
XLCC=XLCC+XLC*VLC
YLCC=YLCC+YLC*VLC
VLO=VLO+VLC
XLO=XLO+XLC*VLC
YLO=YLO+YLC*VLC
295 CONTINUE
IF(OP4.NE.'E')GOTO 296
VLCC=VLCC+VLC
XLCC=XLCC+XLC*VLC
YLCC=YLCC+YLC*VLC
296 CONTINUE
IF(OP4.NE.'I')GOTO 300
VLO=VLO-VLC
XLO=XLO-XLC*VLC
YLO=YLO-YLC*VLC
300 GOTO 9999
301 CONTINUE
YLCC=YLCC/VLCC
XLCC=XLCC/VLCC
YLO=YLO/VLO
XLO=XLO/VLO
GOTO 410
400 CONTINUE
WRITE(5,9400)OP2
9400 FORMAT(5X,'% DOS TQS DE LASTRO A',A1,' QUE E LIVRE CIRCULACAO=?
*(I2)')
READ(5,9920)LC
9401 FORMAT(/,5X,'LIVRE CIRCULACAO DADA COMO PORCENTAGEM DO TQ. DE LAST
*RO',/7X,I2,'% DOS TQS DE LASTRO E LIVRE CIRCULACAO')
WRITE(7,9401)LC
410 CONTINUE
RETURN
END

```

C
C
C

```

SUBROUTINE GENFOH(XV,XVO,XR,XRO,X,Y)
COMMON/A/XVT,XRT,R,RBOS,NA,NX,A0,A1,A2,A3,TETAR,A,B
DIMENSION STA(24),X(24),Y(24)
DATA STA/0.,0.5,1.,1.5,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.,10.,0.,1.,2.,3.,4.,
*5.,6.,7.,8.,9.,10./
Y(1)=0.
DO 200 I=2,13
IF(XV.GT.0.)GOTO 100
Y(I)=0.
GOTO 200
100 CONTINUE
X(I)=STA(I)*XV/10.+XVO
IF (X(I).GT.XVT) GOTO 110
X1=X(I)/R/14.
Y(I)=A0*SQRT(X1)+A1*X1+A2*X1*X1+A3*X1**3

```

```

Y(I)=Y(I)*R*14.
GOTO 200
110 CONTINUE
Y(I)=R
200 CONTINUE
DO 400 I=14,24
IF(XR.GT.0.)GOTO 300
Y(I)=0.
GOTO 400
300 CONTINUE
X(I)=STA(I)/10.*XR+XRO
IF(X(I).GT.XRT)GOTO 310
Y(I)=X(I)*TAN(TETAR)+RBOS
IF(Y(I).LE.R/2.) GOTO 400
XA=(X(I)+RBOS/TAN(TETAR))/R
Y(I)=(-.125+B*XA+A*XA*XA)*R
IF(Y(I).GE.R)Y(I)=R
GOTO 400
310 CONTINUE
Y(I)=R
400 CONTINUE
RETURN
END
FUNCTION SYM(XL,X,J)
DIMENSION X(24),S(24)
DATA S/.5,2.,1.,2.,1.5,4.,2.,4.,2.,4.,2.,4.,1.,1.,4.,2.,4.,2.,4.,
*2.,4.,2.,4.,1./
A=0.
K=13
IF(J.EQ.14) K=24
DO 10 I=J,K
A=A+S(I)*X(I)
10 CONTINUE
SYM=A*XL/3.
RETURN
END

```

```

C
C * * * * *
C

```

```

SUBROUTINE HIDRO1(H,R,XV,XR,XP,Y,AWL,VOL,YCB,XCB,XCF,BML,BMT)
DIMENSION S(24),STA(24),Y(24)
DATA STA/0.,0.5,1.,1.5,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.,10.,0.,1.,2.,3.,4.,
*5.,6.,7.,8.,9.,10./
DATA S/.5,2.,1.,2.,1.5,4.,2.,4.,2.,4.,2.,4.,1.,1.,4.,2.,4.,2.,4.,
*2.,4.,2.,4.,1./
PI=3.141593
S0=0.
S1=0.
S2=0.
S3=0.
S4=0.
S5=0.
S6=0.
DO 200 J=1,24
XX=Y(J)**2-(H-R)**2
YY=R-Y(J)
IF(H.LE.YY) GO TO 120
IF(XX.LE.0.)GOTO 100
WL=SQRT(XX)
PSI=WL/Y(J)

```



```

IF(PSI.GT.1.0)PSI=1.0
ALFA=2.*ASIN(PSI)
IF(H.GT.R)ALFA=2.*PI-ALFA
AREA=((2.*Y(J)**2)*(ALFA-SIN(ALFA)))/8.
CKB=R-(4./3.*Y(J)*(SIN(ALFA/2.))**3)/(ALFA-SIN(ALFA))
GOTO 140
100 WL=0.
AREA=PI*Y(J)**2
CKB=R
GOTO 140
120 WL=0.
AREA=0.
CKB=0.
140 CONTINUE
IF(J.NE.24)GOTO 160
WLP=WL
AREAP=AREA
CKBP=CKB
160 CONTINUE
X0=0.
XL=XV/10.
IF(J.LT.14)GOTO 180
X0=XV+XP+XR
XL=XR/10.
180 CONTINUE
S0=S0+WL*S(J)*XL
S1=S1+AREA*S(J)*XL
S2=S2+AREA*S(J)*XL*CKB
S3=S3+AREA*S(J)*XL*ABS(X0-STA(J)*XL)
S4=S4+WL*S(J)*XL*(X0-STA(J)*XL)**2
S5=S5+WL*S(J)*XL*ABS(X0-STA(J)*XL)
S6=S6+2./3.*WL**3*S(J)*XL
200 CONTINUE
AWL=2.*S0/3.+2.*WLP*XP
VOL=S1/3.+AREAP*XP
YCB=(S2/3.+AREAP*CKBP*XP)/VOL
XCB=(S3/3.+(XV+XP/2.)*AREAP*XP)/VOL
XCF=2.*(S5/3.+WLP*XP*(XV+XP/2.))/AWL
BML=(2.*(S4/3.+WLP*XP*(XV+XP/2.))**2-AWL*XCF*XCF)/VOL
BMT=(S6/3.+(2.*WLP)**3*XP/12.)/VOL
RETURN
END

```

ANEXO B

CASO DE CARREGAMENTO 0

SOMA DAS FORÇAS = 0.0000 t

SOMA DOS MOMENTOS = 0.0000 t x M

CASO DE CARREGAMENTO 2

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0%)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0%)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(50.0%)	-1.0000	7.8980	-7.8980
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(50.0%)	-0.2000	11.8980	-2.3796
AGUADA	(50.0%)	-14.0000	5.8980	-82.5720
PROVISORES	(50.0%)	-2.5000	3.8980	-9.7450
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(50.0%)	-0.1000	3.8980	-0.3898
ELETROLITO DAS BATERIAS		0.0000	3.8980	0.0000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		109.1928	-7.1020	-775.4871
VARIACAO DO EMPUXO : RO= 1.007 t/M3		0.0000	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORÇAS = -1.7572 t

SOMA DOS MOMENTOS = -219.1702 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 2A

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0%)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0%)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(50.0%)	-1.0000	7.8980	-7.8980
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(50.0%)	-0.2000	11.8980	-2.3796
AGUADA	(50.0%)	-14.0000	5.8980	-82.5720
PROVISORES	(50.0%)	-2.5000	3.8980	-9.7450
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(50.0%)	-0.1000	3.8980	-0.3898
ELETROLITO DAS BATERIAS		0.0000	3.8980	0.0000
TORPEDOS (LANÇAMENTO DE TODOS)				22.5000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		109.1928	-7.1020	-775.4871
VARIACAO DO EMPUXO : RO= 1.007 t/M3		0.0000	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORÇAS = -1.7572 t

SOMA DOS MOMENTOS = -196.6702 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 3

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0%)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0%)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(50.0%)	-1.0000	7.8980	-7.8980
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(50.0%)	-0.2000	11.8980	-2.3796
AGUADA	(50.0%)	-14.0000	5.8980	-82.5720
PROVISORES	(50.0%)	-2.5000	3.8980	-9.7450
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(50.0%)	-0.1000	3.8980	-0.3898
ELETROLITO DAS BATERIAS		-0.2560	3.8980	-0.9979
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		111.6867	-7.1020	-793.1993
VARIACAO DO EMPUXO : RO= 1.030 t/M3		-35.5725	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORÇAS = -35.0917 t

SOMA DOS MOMENTOS = -237.8903 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 3A

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0%)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0%)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(50.0%)	-1.0000	7.8980	-7.8980
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(50.0%)	-0.2000	11.8980	-2.3796
AGUADA	(50.0%)	-14.0000	5.8980	-82.5720
PROVISOES	(50.0%)	-2.5000	3.8980	-9.7450
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(50.0%)	-0.1000	3.8980	-0.3898
ELETROLITO DAS BATERIAS		-0.2560	3.8980	-0.9979
TORPEDOS (LANCAMENTO DE TODOS)				22.5000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		111.6867	-7.1020	-793.1993
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.030 t/M3		-35.5725	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -35.0917 t

SOMA DOS MOMENTOS = -215.3803 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 4

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(50.0%)	-50.0000	-7.1020	355.1000
OLEO LUBRIFICANTE	(30.0%)	-1.3500	-18.1020	24.4377
AGUA DESTILADA	(90.0%)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0%)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0%)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0%)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0%)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		0.0000	3.8980	0.0000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		60.6627	-7.1020	-430.8261
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.007 t/M3		0.0000	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -23.6273 t

SOMA DOS MOMENTOS = -257.2686 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 4A

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(50.0%)	-50.0000	-7.1020	355.1000
OLEO LUBRIFICANTE	(30.0%)	-1.3500	-18.1020	24.4377
AGUA DESTILADA	(90.0%)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0%)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0%)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0%)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0%)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		0.0000	3.8980	0.0000
TORPEDOS (LANCAMENTO DE TODOS)				22.5000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		60.6627	-7.1020	-430.8261
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.007 t/M3		0.0000	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -23.6273 t

SOMA DOS MOMENTOS = -234.7686 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 5

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(50.0%)	-50.0000	-7.1020	355.1000
OLEO LUBRIFICANTE	(30.0%)	-1.3500	-18.1020	24.4377
AGUA DESTILADA	(90.0%)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0%)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0%)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0%)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0%)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		-0.2560	3.8980	-0.9979
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		62.0482	-7.1020	-440.6663
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.030 t/M3		-35.5725	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -58.0703 t

SOMA DOS MOMENTOS = -268.1066 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 5A

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(50.0%)	-50.0000	-7.1020	355.1000
OLEO LUBRIFICANTE	(30.0%)	-1.3500	-18.1020	24.4377
AGUA DESTILADA	(90.0%)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0%)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0%)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0%)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0%)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		-0.2560	3.8980	-0.9979
TORPEDOS (LANCAMENTO DE TODOS)				22.5000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		62.0482	-7.1020	-440.6663
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.030 t/M3		-35.5725	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -58.0703 t

SOMA DOS MOMENTOS = -245.6066 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 6

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0%)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0%)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(90.0%)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0%)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0%)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0%)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0%)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0%)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		0.0000	3.8980	0.0000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		109.1928	-7.1020	-775.4871
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.007 t/M3		0.0000	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -15.9972 t

SOMA DOS MOMENTOS = -301.5577 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 6A

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0Z)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0Z)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(90.0Z)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0Z)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0Z)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0Z)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0Z)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0Z)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		0.0000	3.8980	0.0000
TORPEDOS (LANCAMENTO DE TODOS)				22.5000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		109.1928	-7.1020	-775.4871
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.007 t/M3		0.0000	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -15.9972 t

SOMA DOS MOMENTOS = -279.0577 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 7

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0Z)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0Z)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(90.0Z)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0Z)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0Z)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0Z)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0Z)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0Z)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		-0.2560	3.8980	-0.9979
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		111.6867	-7.1020	-793.1993
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.030 t/M3		-35.5725	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -49.3317 t

SOMA DOS MOMENTOS = -320.2678 t#METROS

CASO DE CARREGAMENTO 7A

ITEM	TAXA DE CONSUMO	PESO(t)	LCG-LCB (METROS)	MOMENTO(t#METRO)
OLEO COMBUSTIVEL	(90.0Z)	-90.0000	-7.1020	639.1800
OLEO LUBRIFICANTE	(50.0Z)	-2.2500	-18.1020	40.7295
AGUA DESTILADA	(90.0Z)	-1.8000	7.8980	-14.2164
AR COMPRIMIDO	(50.0Z)	-0.9000	22.8980	-20.6082
OXIGENIO	(90.0Z)	-0.3600	11.8980	-4.2833
AGUADA	(90.0Z)	-25.2000	5.8980	-148.6296
PROVISOES	(90.0Z)	-4.5000	3.8980	-17.5410
CONSUMIVEIS DO PAIOL	(90.0Z)	-0.1800	3.8980	-0.7016
ELETROLITO DAS BATERIAS		-0.2560	3.8980	-0.9979
TORPEDOS (LANCAMENTO DE TODOS)				22.5000
AGUA SALGADA NOS TANQUES DE OLEO COMBUSTIVEL		111.6867	-7.1020	-793.1993
VARIACAO DO EMPUXO : RD= 1.030 t/M3		-35.5725	0.0000	0.0000

SOMA DAS FORCAS = -49.3317 t

SOMA DOS MOMENTOS = -297.7678 t#METROS

EXEMPLO DE APLICACAO

DIAMETRO DO CASCO= 6.50 metros
 COMPRIMENTO DO CASCO= 61.00 metros
 RAZAO L/D= 9.38
 PROA: REVOLUCAO DE PERFIL NACA 0014.2-100.20
 POPA: REVOLUCAO DE CONE DE ANGULO DE 18.0 GRAUS + PARABOLA
 DIAMETRO DO BOSSO= .80 metros

VOLUMES DOS TQS DE LASTRO CALCULADOS PELO PROGRAMA

INFORMACOES SOBRE O CORPO DE VANTE DO CASCO RESISTENTE
 INTERNAMENTE AOS TQS DE LASTRO. DADOS A PARTIR DA PPAV.

DESCRICAO DO 1 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
 DISTANCIA DA EXTREMIDADE DA CALOTA A PPAV= 6.900
 RAIO DA CALOTA= 3.000
 RAIO DA BORDA DA CALOTA= 2.500

DESCRICAO DO 2 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
 DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO= 5.000
 DIAMETRO MAIOR DO SEGMENTO CONICO= 6.500
 COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO= 3.000

DESCRICAO DO 1 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
 TIPO DE COMPARTIMENTO=L
 FORMA DO COMPARTIMENTO=S
 DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS AV= .250
 COMPRIMENTO DO SEGMENTO DE CASCO= 4.950
 DISTANCIA DO CONVES DO SEGMENTO DE CASCO A LB= -2.500
 LARGURA DO SEGMENTO DE CASCO= 6.500

DESCRICAO DO 2 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
 TIPO DE COMPARTIMENTO=L
 FORMA DO COMPARTIMENTO=S
 DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS AV= .000
 COMPRIMENTO DO SEGMENTO DE CASCO= 4.000
 DISTANCIA DO CONVES DO SEGMENTO DE CASCO A LB= -4.700
 LARGURA DO SEGMENTO DE CASCO= 6.500

DESCRICAO DO 3 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
 TIPO DE COMPARTIMENTO=L
 FORMA DO COMPARTIMENTO=S
 DISTANCIA DA ANTEPARA MAIS AV= .250
 COMPRIMENTO DO SEGMENTO DE CASCO= 3.750
 DISTANCIA DO CONVES DO SEGMENTO DE CASCO A LB= -2.500
 LARGURA DO SEGMENTO DE CASCO= 6.500

DESCRICAO DO 4 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
 TIPO DE COMPARTIMENTO =L
 FORMA DO COMPARTIMENTO =U
 COMPRIMENTO DA CUNHA = 1.200
 LARGURA DA CUNHA = 1.000
 ALTURA DA FACE MAIS AV = 1.900
 ALTURA DA OUTRA FACE = 1.900
 DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS AV = 5.200
 DISTANCIA DO CONVES DA CUNHA = .600

DESCRICAO DO 5 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =L
FORMA DO COMPARTIMENTO =U
COMPRIMENTO DA CUNHA = 1.200
LARGURA DA CUNHA = 1.000
ALTURA DA FACE MAIS AV = 1.200
ALTURA DA OUTRA FACE = 1.200
DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS AV = 5.200
DISTANCIA DO CONVES DA CUNHA = .350

DESCRICAO DO 6 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =L
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .120
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.320
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.800
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 2.500

DESCRICAO DO 7 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =L
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .120
COMPRIMENTO DO CILINDRO = .530
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.800
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 48.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = 90.000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.820

DESCRICAO DO 8 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =L
FORMA DO COMPARTIMENTO =U
COMPRIMENTO DA CUNHA = .800
LARGURA DA CUNHA = .800
ALTURA DA FACE MAIS AV = .850
ALTURA DA OUTRA FACE = .850
DISTANCIA DA EXTREMIDADE MAIS AV = 5.400
DISTANCIA DO CONVES DA CUNHA = 5.350

DESCRICAO DO 9 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =L
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .120
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 3.800
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.800
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 1.550

DESCRICAO DO 10 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.000
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 2.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000

DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.100

DESCRICAO DO 11 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.000
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 2.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.100

DESCRICAO DO 12 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.000
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 2.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.600

DESCRICAO DO 13 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.000
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 2.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.600

DESCRICAO DO 14 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.000
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 2.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.100

DESCRICAO DO 15 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 2.000
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 2.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.100

DESCRICAO DO 16 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO=I
FORMA DO COMPARTIMENTO=V
VOLUME DO COMPARTIMENTO= .700
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A PPAV= 2.610

DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A LINHA DE BASE= 1.800

DESCRICAO DO 17 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO=I
FORMA DO COMPARTIMENTO=V
VOLUME DO COMPARTIMENTO= .150
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A PPAV= 5.800
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A LINHA DE BASE= 5.750

DESCRICAO DO 18 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO=I
FORMA DO COMPARTIMENTO=V
VOLUME DO COMPARTIMENTO= .600
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A PPAV= 5.800
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A LINHA DE BASE= .900

DESCRICAO DO 19 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO=I
FORMA DO COMPARTIMENTO=V
VOLUME DO COMPARTIMENTO= .300
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A PPAV= 5.800
DISTANCIA DO CENTRO DE CARENA A LINHA DE BASE= 1.400

DESCRICAO DO 20 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.500
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 4.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.100

DESCRICAO DO 21 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.500
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 4.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.100

DESCRICAO DO 22 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.500
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 4.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.600

DESCRICAO DO 23 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.500

DISTANCIA DO CILINDRO AV = 4.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.600

DESCRICAO DO 24 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.500
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 4.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.100

DESCRICAO DO 25 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .700
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.500
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 4.000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.100

DESCRICAO DO 26 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .660
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.510
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.100

DESCRICAO DO 27 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .660
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.510
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.100

DESCRICAO DO 28 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .660
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.410
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.600

DESCRICAO DO 29 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .660
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.410
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.600

DESCRICAO DO 30 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .660
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.390
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.100

DESCRICAO DO 31 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AV
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .660
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.390
DISTANCIA DO CILINDRO AV = 5.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.100

INFORMACOES SOBRE O CORPO DE RE DO CASCO RESISTENTE
INTERNAMENTE AOS TQS DE LASTRO. DADOS A PARTIR DA PPAR.

DESCRICAO DO 1 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
DISTANCIA DA EXTREMIDADE DA CALOTA A PPAR= 6.420
RAIO DA CALOTA= 3.000
RAIO DA BORDA DA CALOTA= 2.750

DESCRICAO DO 2 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO= 5.500
DIAMETRO MAIOR DO SEGMENTO CONICO= 6.300
COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO= 3.060

DESCRICAO DO 3 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO= 5.000
DIAMETRO MAIOR DO SEGMENTO CONICO= 6.300
COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO= -1.000

DESCRICAO DO 4 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
DISTANCIA DA EXTREMIDADE DO CILINDRO= 12.281
DIAMETRO DO CILINDRO= 5.000
COMPRIMENTO DO CILINDRO= 3.150

DESCRICAO DO 5 SEGMENTO DO CASCO RESISTENTE
DIAMETRO MENOR DO SEGMENTO CONICO= 5.000
DIAMETRO MAIOR DO SEGMENTO CONICO= 6.500
COMPRIMENTO DO SEGMENTO CONICO= 1.000

DESCRICAO DO 1 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =L
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .500
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 6.420
DISTANCIA DO CILINDRO AR = .000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.250

DESCRICAO DO 2 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR
TIPO DE COMPARTIMENTO =I
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .400
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 6.420
DISTANCIA DO CILINDRO AR = .000
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.250

DESCRICAO DO 3 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .200
COMPRIMENTO DO CILINDRO = .780
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 2.400
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 2.070

DESCRICAO DO 4 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .200
COMPRIMENTO DO CILINDRO = .300
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 2.400
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = 90.000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 2.750

DESCRICAO DO 5 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .200
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.530
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 2.400
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 2.650

DESCRICAO DO 6 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR
TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .200
COMPRIMENTO DO CILINDRO = .300
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 2.400
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = 90.000

DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.080

DESCRICAO DO 7 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .200
COMPRIMENTO DO CILINDRO = .450
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 2.400
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.980

DESCRICAO DO 8 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .200
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 4.400
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 2.500
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 4.080

DESCRICAO DO 9 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .230
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.020
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 3.100
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = 90.000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.250

DESCRICAO DO 10 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .230
COMPRIMENTO DO CILINDRO = .270
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 3.100
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.360

DESCRICAO DO 11 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .230
COMPRIMENTO DO CILINDRO = 1.560
DISTANCIA DO CILINDRO AR = 3.100
ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = 90.000
DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.750

DESCRICAO DO 12 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
FORMA DO COMPARTIMENTO =C
DIAMETRO DO CILINDRO = .230

COMPRIMENTO DO CILINDRO = .270
 DISTANCIA DO CILINDRO AR = 3.100
 ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = .000
 ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
 DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.360

DESCRICAO DO 13 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
 FORMA DO COMPARTIMENTO =C
 DIAMETRO DO CILINDRO = .230
 COMPRIMENTO DO CILINDRO = .660
 DISTANCIA DO CILINDRO AR = 3.100
 ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
 ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = 90.000
 DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.250

DESCRICAO DO 14 COMPARTIMENTO DO TANQUE DE LASTRO AR

TIPO DE COMPARTIMENTO =E
 FORMA DO COMPARTIMENTO =C
 DIAMETRO DO CILINDRO = .200
 COMPRIMENTO DO CILINDRO = 3.350
 DISTANCIA DO CILINDRO AR = 3.190
 ANGULO DO CILINDRO COM O EIXO VERTICAO = 90.000
 ANGULO DA PROJECAO DO CILINDRO NO PLANO BASE = .000
 DISTANCIA DO EIXO A LINHA DE BASE = 3.750

TANQUES DE LASTRO DE VANTE:

VOLUME DO TQ = 122.229 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DO TQ= 6.560 metros DA PPAV
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DO TQ= 3.547 metros DA LB
 VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO= 70.519 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC.= 3.116 metros DA PPAV
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. = 2.598 metros DA LB

TANQUES DE LASTRO DE RE:

VOLUME DO TQ = 116.530 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DO TQ= 9.355 metros DA PPAR
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DO TQ= 3.248 metros DA LB
 VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO= 1.767 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC.= 3.210 metros DA PPAR
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. = 3.250 metros DA LB

CORPO DE PROA: COMPRIMENTO= 9.10 metros

DIST A PPAV (metros)	MEIA BOCA (metros)
.000	.000
.455	1.025
.910	1.466
1.365	1.798
1.820	2.066
2.730	2.473
3.640	2.761
4.550	2.962
5.460	3.096
6.370	3.180
7.280	3.226
8.190	3.246
9.100	3.250

CORPO DE POPA: COMPRIMENTO= 13.77 metros

DIST A PPAR (metros) MEIA BOCA (metros)

.000	.400
1.377	.847
2.754	1.295
4.131	1.740
5.508	2.141
6.885	2.479
8.262	2.757
9.639	2.972
11.016	3.127
12.393	3.219
13.770	3.250

DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE= 1546.60 metros cubicos
POSICAO LONGITUDINAL DO CG= 29.90 metros
POSICAO VERTICAL DO CG= 2.86 metros

*****PROGRAMA EQSUB*****

EXEMPLO DE APLICACAO

DIAMETRO DO CASCO= 6.50 metros
 COMPRIMENTO DO CASCO= 61.00 metros
 RAZAO L/D= 9.38
 PROA:REVOLUCAO DE PERFIL NACA 0014.2-100.20
 POPA: REVOLUCAO DE CONE DE ANGULO DE 18.0 GRAUS + PARABOLA
 DIAMETRO DO BOSSO= .80 metros

TANQUES DE LASTRO DE VANTE:

VOLUME DO TQ = 122.229 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DO TQ= 6.560 metros DA PPAV
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DO TQ= 3.547 metros DA LB
 VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO= 70.519 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC.= 3.116 metros DA PPAV
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. = 2.598 metros DA LB

TANQUES DE LASTRO DE RE:

VOLUME DO TQ = 116.530 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DO TQ= 9.355 metros DA PPAR
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DO TQ= 3.248 metros DA LB
 VOLUME DA LIVRE CIRCULACAO= 1.767 metros cubicos
 POS. LONG. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC.= 3.210 metros DA PPAR
 POS. VERT. CENTRO DE CARENA DA LIVRE CIRC. = 3.250 metros DA LB

CORPO DE PROA:COMPRIMENTO= 9.10 metros

DIST A PPAV (metros)	MEIA BOCA (metros)
.000	.000
.455	1.025
.910	1.466
1.365	1.798
1.820	2.066
2.730	2.473
3.640	2.761
4.550	2.962
5.460	3.096
6.370	3.180
7.280	3.226
8.190	3.246
9.100	3.250

CORPO DE POPA:COMPRIMENTO= 13.77 metros

DIST A PPAR (metros)	MEIA BOCA (metros)
.000	.400
1.377	.847
2.754	1.295
4.131	1.740
5.508	2.141
6.885	2.479
8.262	2.757
9.639	2.972
11.016	3.127
12.393	3.219
13.770	3.250

DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE= 1604.79 metros cúbicos
POSICAO LONGITUDINAL DO CG= 28.94 metros
POSICAO VERTICAL DO CG= 2.85 metros
RESERVA DE FLUTUABILIDADE= 15.44 %
CALADO NA SUPERFICIE= 5.618 metros
DESLOCAMENTO NA SUPERFICIE= 1604.785 metros cúbicos
POSICAO VERTICAL DO CENTRO DE CARENA= 3.036 metros
POSICAO LONGITUDINAL DO CENTRO DE CARENA= 28.842 metros
RAIO METACENTRICO LONGITUDINAL= 15.490 metros
ALTURA METACENTRICA LONGITUDINAL= 15.675 metros
RAIO METACENTRICO TRANSVERSAL= .214 metros
ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL= .399 metros
ANGULO DE TRIM= .000 graus
CALADO AVANTE= 5.618 metros
CALADO A RE= 5.618 metros
AREA DA LINHA D'AGUA= 220.171 metros quadrados
POSICAO LONGITUDINAL DO CENTRO DE FLUTUACAO 28.287 metros