

GABRIEL LIMA DA SILVA DIAS FILHO
Engenheiro Naval, Escola Politécnica da USP, 1969

MODELO DE SÍNTESE AUTOMATIZADA E OTIMIZADA
DA ESTRUTURA DE NAVIOS GRANELEIROS

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da USP para a obtenção do Título de Mestre
em Engenharia

Orientador: CMG (EN) ELCIO DE SA FREITAS, M. Sc Nav Eng^o
Professor Visitante do Departamento de Engenharia,
Naval da EPUSP

★

FD-233

São Paulo, 1978

A G R A D E C I M E N T O S

Às entidades abaixo relacionadas que tornaram possível a realização deste trabalho:

- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP.
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.
- Vale do Rio Doce Navegação S/A - DOCENAVE
- Banco Nacional de Desenvolvimento Economico - BNDE.
- Fundação para o Desenvolvimento Tecnologico da Engenharia - FDTE.
- Marinha do Brasil - MB.

Ao Comandante Elcio de Sã Freitas, pelo constante apoio, incentivo e orientação que recebemos no decorrer deste trabalho.

Aos Professores Alfredo C. B. Gandolfo, Pedro Cuyumjiam, Atair V. Rios e Moyses Szanjnbok pela constante colaboração, na solução de certos problemas específicos.

Aos Engenheiros Otávio Ernesto e Luiz Carlos Cano Fernandes, que muito colaboraram na elaboração' do programa de computador.

R E S U M O

Este trabalho apresenta um modelo de síntese automatizada e otimizada para a estrutura de navios graneleiros. Abrange a estrutura longitudinal, a estrutura transversal e a estrutura das anteparas de porão, numa região correspondente a $0.4 L$ a meio navio.

O principal objetivo, foi desenvolver uma técnica e uma ferramenta que possibilitasse ao projetista obter uma síntese estrutural rápida e eficiente, - com elevado grau de otimização. Ela pode ser utilizada nos diferentes estágios do processo de concepção e projeto do navio. Os limites de aplicação, quanto ao tamanho e tipo do navio e quanto ao tipo da carga, são bastante amplos. Deve ser entendido como projeto eficiente, aquele que engloba as características de mínimo peso ou custo, convenientemente aliadas às boas práticas de construção, operação e manutenção de navios.

Foi feito um estudo do processo de síntese estrutural, considerando-se sua posição com relação ao problema global do projeto do navio.

O modelo adotado contém vários aspectos de otimização local. Foi elaborado um modelo matemático para representar a geometria do navio, bem como, um método para gerar os parâmetros que definem a geometria do navio e de sua estrutura.

Todas as espessuras de chapas são arredondadas para padrões estabelecidos pelo usuário. Também, os perfís laminados são escolhidos dentro dos arquivos incluídos no modelo, podendo o usuário, especificar os perfís dentre aqueles do arquivo, a ele disponíveis, ou ainda, especificar que sejam adotados perfís construídos, os quais terão suas dimensões ótimas definidas pelo modelo.

Como produto final, foi elaborado um programa de computador. Apresentamos um exemplo de sua aplicação, e algumas conclusões quanto a influência de diversos parâmetros no peso da estrutura, que obtemos aplicando o programa a uma série de famílias de navios.

A B S T R A C T

This work presents a bulk carrier structural model to perform the synthesis of longitudinal material, transverse structure and transverse bulkheads.

The main objective of this work is to develop a technique and a tool which will ensure a fast and efficient design of the bulk-carrier structure with a high optimization degree. They apply to different stages of the process of conception and design of the ship. The limits of application are quite wide, regarding the size of the ship and type of cargo. For efficient design it must be understood one that ensures an optimum combination of advantages in initial cost plus pay-load capacity.

A study of the structural synthesis process was done, with the consideration to its place relationships on the global problem of ship design.

The adopted model contains some aspects of local optimization. A mathematic model to represent the ship geometry was developed, as well as a method to generate its parameters.

All the final thickness of plates are modified to be in accordance with available plates specified by the user. Also, rolled sections are selected between available sections specified by the user, or have their optimum dimensions calculated when the user specify fabricated sections.

As a final product, a computer program was developed. Some examples of its applications are presented as well as conclusions on the influence of design variables on the structural weight.

Í N D I C E

I - INTRODUÇÃO

- I.1 - Introdução bibliográfica e histórica
..... I.1
- I.2 - Importância e evolução dos navios graneleiros I.8
- I.3 - A síntese estrutural I.15
- I.4 - Dificuldades para uma boa síntese estrutural I-18
- I.5 - Vantagens e desvantagens de um processo automatizado de síntese estrutural
..... I.21 .

II - MÉTODO

- II.1 - Natureza das Regras das Sociedades Classificadoras II.1
- II.2 - Análise do processo de síntese
..... II.5
- II.3 - Aspectos de otimização II.9
- II.4 - Requisitos desejáveis para um processo de síntese automatizada II.23

III - ESTRUTURA DO MODELO E ALGORÍTIMO DE SÍNTESE

- III.1 - Estabelecimento nítido das finalidades ..
.....III.1

III.2 - Seleção dos parâmetros pertinentes e correspondente classificação em grupos	III.6
III.3 - Descrição do modelo.	
III.3.1 - Geral	III.12
III.3.2 - Modelo matemático da geometria do navio	III.21
III.3.3 - Cálculo dos escantilhões da estrutura longitudinal.	
III.3.3.1 - Cálculo dos mínimos módulos de resistência requeridos para a viga navio	III.26
III.3.3.2 - Cálculo dos escantilhões da estrutura longitudinal	III.30
III.3.3.3 - Cálculo das propriedades geométricas - da secção	III.48
III.3.3.4 - Cálculo do material necessário no convés para completar o módulo de resistência da viga navio	III.49
III.3.3.5 - Ajuste final dos escantilhões	III.52

III.3.4 - Cálculo dos escantilhões da estrutura transversal	III.53
III.3.5 - Cálculo dos escantilhões das anteparas transversais	
III.3.5.1 - Cálculo dos escan- tilhões	III.60
III.3.5.2 - Solução do proble- ma de minimização, para a síntese da parte corrugada das anteparas trans- versais ..	III.67
III.3.6 - Adequação da estrutura às dis- ponibilidades de materiais ..	
III.3.6.1 - Arredondamento de espessuras das cha- pas	III.71
III.3.6.2 - Escolha de perfis enrigeadores lami- nados	III.72
III.3.6.3 - Cálculo das dimen- sões ótimas para os perfis construi- dos	III.76
IV - EXEMPLO DE APLICAÇÃO	IV.1
V - CONCLUSÕES	V.1

VI - DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	VI.1
-------------------------------------	------

A N E X O S

Anexo - A → Estudo para o espaçamento ideal de enrigecedores visando menor peso do painel ..	A.1
Anexo - B → Manual para preparação dos dados de entrada do programa	A.6
Anexo - C → Tabela dos perfís laminados dos arquivos	A.23
Anexo - D → Listagem do programa	A.31

<u>BIBLIOGRAFIA</u>	B.1
---------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

figura	título	página
1	Secção mestra típica de um navio petroleiro...	I.9
2	Evolução da construção naval mundial.....	I.10
3	Secção mestra típica de um navio graneleiro ou minereiro ou mineiro/graneleiro.....	I.11
4	Secção mestra típica de um navio mineiro/pe troleiro.....	I.11
5	Secção mestra típica de um navio graneleiro combinado.....	I.12
6	Distribuição de idade e respectivo porte bru to médio de todos os navios graneleiros e - combinados em 01/01/1.975.....	I.14
7	Diagrama representando a síntese estrutural..	II.8
8	Definição das componentes do vetor { β }....	II.11
9	Definição das componentes do vetor { γ_1 }....	II.12
10	Definição das componentes do vetor { δ }....	II.14
11	Subdivisão da secção mestra.....	II.20
12	Configurações geométricas da secção mestra que o programa representa convenientemente..	III.2
13	Subdivisão da estrutura longitudinal-chapas..	III.14
14	Subdivisão da estrutura longitudinal-perfis..	III.15
15	Fluxograma do programa.....	III.20
16	Anel transversal da estrutura no tanque de asa inferior.....	III.55
17	Anel transversal da estrutura no tanque de asa superior.....	III.56
18	Subdivisão da estrutura das anteparas trans versais.....	III.60
19	Definição das variáveis independentes da parte corrugada da antepara transversal.....	III.64
20	Gráfico típico para a estima do módulo de resistencia do perfil associado à chapa colaborante.....	III.74

Índice de figuras (continuação)

figura	título	página
20-A	Secção mestra do graneleiro de 22 640 TPB.....	IV.2
21	Influência do espaçamento entre elemen- tos da estrutura transversal no peso es- trutural.....	V.7
A.1	Esquema estrutural de um painel do fun- do de um navio.....	A.1
A.2	Definição do espaçamento ideal.....	A.4

ÍNDICE DE TABELAS

tabela	título	página
1	Navios em construção, ou com sua cons- trução contratada, no mundo em 01/10/76.....	I.13
2	Definição de C_1	III.28
3	Características principais dos navios de referencia de cada família.....	V.2
4	Influência do espaçamento entre longi- tudinais no peso da estrutura longitu- dinal.....	V.3
5	Influência do tipo de aço no peso da - estrutura longitudinal.....	V.8
A.1	Valores para a definição do espaçamen- to ideal.....	A.4

ÍNDICE DE QUADROS

quadro	conteudo	página
1	Subdivisão do programa e respectivas denominações e funções.....	III.16
2	Escantilhões dos longitudinais do gra- neleiro de 22 640 TPB.....	LV.3

NOMENCLATURA

no texto	no programa	unidade	significado
{ α }	ALFA(I)	m, ton, nós	veja página III.8
{ β }	BETA(I)	mm, rd	veja página III.9
{ γ_1 }	GAMA1(I)	mm	corresponde aos s_i veja do vetor { γ_1 } página III.11
	IAUX1(I)	-	corresponde aos m_i veja do vetor { γ_1 } página III.11
	IAUX2(I)	-	corresponde aos n_i veja do vetor { γ_1 } página III.11
	AUX1(I)	mm	corresponde aos l_i veja do vetor { γ_1 } página III.11
{ γ_2 }	GAMA2(I)	mm	veja página III.11
{ δ }	DELTA(I)	mm, rd	veja página III.12
-	CHA(I, J)	mm ² cm ² cm cm ⁴	-primeiro índice corresponde à região de chapa-veja figura 13. -para o segundo índice temos: J=1→espessura da chapa. J=2→área de secção transversal. J=3→distância do centro de gra- vidade do elemento à linha de base do navio. J=4→momento de inércia próprio do elemento.
-	PER(I, J)	cm ³ cm ² cm mm mm cm ³	-primeiro índice corresponde ao longitudinal, como indicado na figura 14. -para o segundo índice temos: J=1→módulo de resistencia re- querido. J=2→área de secção transversal do longitudinal. J=3→distancia do pé do perfil, à linha de base do navio. J=4→espessura da chapa colabo- rante. J=5→espaçamento entre enrigece- dores. J=6→módulo de resistencia real do longitudinal.

Notas : (a) estão listadas aqui apenas as principais matrizes do programa.

(b) os demais símbolos adotados, têm sua definição indicada no texto.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1 INTRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA E HISTÓRICO

Uma das primeiras tentativas de se projetar a secção mestra de um navio, com auxílio do computador, foi feita por Evans e Khoushy, em 1963, no trabalho "Optimized Design of Midship Section Structure" (1)*. A síntese estrutural foi feita utilizando-se os requisitos da Sociedade Classificadora "American Bureau of Shipping", adaptando-os, pois suas regras não estavam em forma completamente aceitáveis para computação. O escopo deste trabalho, foi o estudo dos diversos parâmetros geométricos que definem o navio e sua estrutura, com o intuito de orientar os projetistas, na sua escolha adequada, com vistas à otimiza -

* os números entre () se refere à bibliografia.

ção de peso e de custo, tendo por base o resultado do cálculo efetuado para uma família de navios cargueiros comuns, de comprimento compreendido entre 300 e 800 pés, com proporções convenientes entre as dimensões principais e a fixação arbitrária de outros parâmetros que definem o arranjo interno dos navios escolhidos. Dois tipos de dificuldades surgiram, e tornaram o tempo de computação muito grande, neste trabalho: o cálculo de módulo de resistência da seção mestra da viga-navio, devido à instabilidade da linha neutra no processo escolhido, e a grande capacidade de armazenamento exigida pelas tabelas de perfis disponíveis.

Em 1966, Chapman publicou um trabalho semelhante ao acima descrito, para pequenos navios cargueiros. "Some Aspects of the Application of Electronic Computers to Ship Design: Midship Section Scantlings" (2), tomando por base, na geração dos escantilhões, as regras da Sociedade Classificadora "Lloyd's Register of Shipping", naquela época com escantilhões fornecidos através de tabelas.

A primeira apresentação destas regras na forma de expressões foi feita para navios petroleiros, sendo utilizada por Buxton em seu trabalho. "The Design of Tanker Hull Structure by Computer with Particular Reference to One Midship Cargo Tank" (3). Buxton programou o cálculo de todos os elementos estruturais contidos num espaço de

porão, e, estabelecendo algumas hipóteses simplificadoras, -
obteve expressões para o cálculo do peso de cada elemento, -
em função das dimensões principais do navio, e de alguns pa-
râmetros admitidos. Com esses resultados, calculou o peso -
das estruturas longitudinal e transversal, e, finalmente, o
peso total de aço estrutural de um tanque situado a meia -
nau do petroleiro. Seu estudo é de grande valia, e mostra o
efeito, no peso total, das alterações nos parâmetros propos-
tos, e da configuração interna do arranjo. Uma das partes de
grande interesse neste trabalho, diz respeito à seleção dos
enrigeçedores. Através de um estudo introdutório, Buxton con-
clui que é possível usar fórmulas aproximadas, para o cálcu-
lo da área da secção transversal do perfil, em função do mó-
dulo resistente requerido, e da espessura da alma. Isto vem
simplificar bastante o processo de escolha do perfil pelo -
computador, exigindo, entretanto, um pequeno trabalho adicio-
nal do projetista para completar o desenho da secção mestra,
procedendo à escolha definitiva do enrigeçedor por meio de ta-
belas ou manuais.

Um trabalho bastante sofisticado e complexo, foi apre-
sentado por Moe e Lund - "Cost and Weight Minimization of -
Structures with Special Emphasis on Longitudinal Strength -
Members of Tankers" (4). Utilizando programação não-linear ,
adotando o processo de busca desenvolvido por Powell (5) e a
subrotina por eles desenvolvida - "SUMT - Sequential Uncons-

trained Minimization Technique", montam um problema de otimização, onde as variáveis independentes eram: espaçamentos - entre longitudinais no convés e fundo; espaçamento entre longitudinais no costado e anteparas longitudinais; espessura do chapeamento do convés, espessura do chapeamento do fundo; módulo de resistência dos longitudinais do convés, e módulo de resistência dos longitudinais do fundo. Foram adotadas como - restrições os requisitos das regras da Sociedade Classificadora "Det Norske Veritas", e como função de mérito a ser minimizada o custo total de construção da estrutura do navio. Este trabalho, inclui o estudo dos escantilhões ótimos para quatro navios geometricamente similares com capacidade de carga variando entre 50 000 e 120 000 TPB, onde variou também : a qualidade do aço, o fator de custo, e o espaçamento - entre os anéis que compõem a estrutura transversal do navio. Moe estudou ainda, o efeito no peso de aço e no custo do navio, devido à variação das dimensões principais de um navio com capacidade de carga de aproximadamente 90 000 TPB. Convém salientar que, neste trabalho, os autores programaram a geração dos escantilhões ótimos, apenas do material longitudinal da estrutura do navio.

Em 1970, Aldwinckle publicou "Computer - Aided Structural Design of Bulk Carriers" (6), onde, aplicando as regras do "Lloyd's Register of Shipping", e idealizando um modelo - matemático para a secção mestra de um navio graneleiro, cal-

culou, de forma relativamente simples, o peso dos elementos estruturais longitudinais, de uma série significativa de gr neleiros, através da geração automática de suas dimensões - principais, em função de deslocamentos previamente selecionados. Foi possível, desta forma, variar para cada série destes navios, alguns parâmetros de entrada e, posteriormente, através de uma análise de regressão múltipla, estabelecer uma - expressão analítica do peso do material longitudinal da estrutura em função das dimensões principais do navio e de seu coeficiente de bloco, bem como o efeito devido à variação de alguns parâmetros como: espaçamentos de enrijecedores, espaçamentos de cavernas, aberturas de escotilhas, inclinação das anteparas longitudinais dos tanques de asa; altura do duplo fundo, e carga específica no teto do duplo fundo. A seleção de perfís é feita pelo arquivo de perfís comerciais. O balançamento da área do material de convés necessária para obtenção do módulo de resistência da viga navio requerido pelas - regras, é feito por um processo analítico com excelente aproximação, e que permite determinar a mínima quantidade de material a ser adicionada no convés, ou no convés e no fundo, para a obtenção do módulo de resistência requerido.

Trabalhos mais recentes, como o apresentado por Miura e outros "Optimization in Structural Design" (7), não se referem apenas a um programa de computador, que procede à síntese automatizada e otimizada da estrutura de navios, mas a um

sistema de programas, composto por: bancos de dados; programas que geram os escantilhões da estrutura; programas para gerar as cargas atuantes sobre a estrutura; programas de análise estrutural; programas de otimização e, finalmente, um programa que controla o sistema, com o qual o usuário se comunica e que promove a iteração de ciclos sucessivos de sínteses e análises até se obter satisfatória convergência. Neste trabalho, Miura descreve a aplicação do sistema "BOSS", desenvolvido no "The Norwegian Institute of Technology, University of Thondhem, Norway", para a estrutura de navios petroleiros. A seguir apresentamos algumas das características principais do sistema "BOSS": a otimização é feita pelo método de Powell (5), através da subrotina SUMT ("Sequential Unconstrained Minimization Technique"); a estrutura é convenientemente simplificada, não sendo considerados os detalhes estruturais, tais como enrijecedores secundários, borboletas anti-"tripping", etc.; a estrutura do navio é subdividida em módulos, que podem ser acoplados convenientemente, dada a impossibilidade de se considerar toda a estrutura simultaneamente; as variáveis e parâmetros envolvidos no problema são subdivididos em cinco classes, sendo que as três primeiras referem-se às variáveis e parâmetros que definem a geometria do navio e sua estrutura, a quarta refere-se aos escantilhões da estrutura e a quinta, às constantes que não são alteradas durante o procedimento de projeto; Inicialmente é feita uma análise

se de grelha, considerando toda a estrutura dos tanques de carga, visando obter as condições de contorno para a análise de pórtico plano, de um anel da estrutura transversal; e a síntese estrutural é feita com base nas regras do "Det Norske Veritas".

Carlsen e Kavlie publicaram o trabalho "Design of Transverse - Plane Bulkheads in Tankers" (8), onde descrevem o sistema "INDETS" ("Integrated Design of Tanker Structures") salientando o módulo do sistema que trata das anteparas de popa. A fim de possibilitar ao usuário interagir no processo de projeto, e, para reduzir o tempo de computação, a estrutura do petroleiro foi subdividida em três partes, cada qual correspondendo a um módulo do programa. Estes módulos são: LONGPT - estrutura longitudinal ; FROTP - estrutura transversal, (cavernas, vaus e hastilhas, etc.); e PLANBULK - anteparas transversais. Os programas e os bancos de dados são administrados pelo sistema "BOSS". Por meio de uma série de estudos paramétricos, os autores derivaram fórmulas e gráficos para estimar o peso, e orientar os projetistas na escolha da melhor configuração geométrica para estas anteparas.

Também as Sociedades Classificadoras, de uma forma geral, têm procurado desenvolver programas de computador, para a determinação dos escantilhões dos diferentes tipos de navios, segundo suas próprias regras. (9) (10).

No Brasil, Bastos Fº publicou "Discussão e Aplicação -

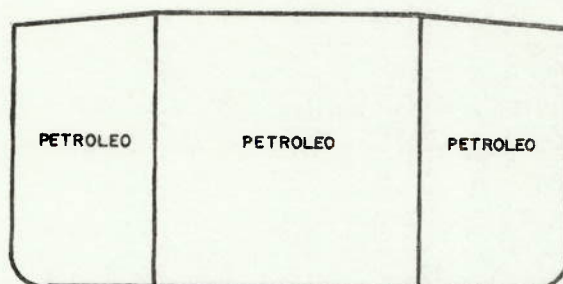
do Processo Lógico de Dimensionamento Estrutural do Navio" - (15), onde, adotando para o cálculo dos escantilhões longitudinais de um navio petroleiro, as regras do "Lloyd's Register" e a subrotina de otimização "SLUNT" ("Slacked Unconstrained Minimization Technique"), elaborou um programa de computador bastante semelhante ao apresentado por Moé e Lund (4). Este foi o tema da tese de mestrado do autor, na COPPE/UFRJ, em 1974. Ainda na COPPE/UFRJ, foi apresentada a tese de mestrado do venezuelano Bustamante (16), onde usando as regras do "Lloyd's Register" e a subrotina SUMT, programou o cálculo dos escantilhões da estrutura transversal, cavernas, vaus e hastilhas de navios petroleiros.

O autor já publicou partes deste trabalho (17), (18), (19) em Congressos de Engenharia Naval realizados na América do Sul.

I.2 IMPORTÂNCIA E EVOLUÇÃO DOS NAVIOS GRANELEIROS

Observando-se os trabalhos mais recentes citados no item anterior, nota-se, exceção feita ao trabalho de Aldwinckle (6), que todos os demais referem-se à síntese otimizada da estrutura de navios petroleiros. Isto se deve a dois fatores principais: a crescente demanda de navios petroleiros, a partir da segunda guerra mundial, e que atingiu seu ápice no 1º semestre de 1974, quando 83% em parte bruta

e 46% em número de navios, em construção no mundo, eram navios petroleiros; e, a síntese da estrutura de navios petroleiros, dada a simplicidade da geometria de sua secção mestra (figura 1), requerer modelos matemáticos relativamente simples, os quais admitem um número bastante reduzido de variáveis independentes, e que podem ser admitidas contínuas



Secção mestra típica de um navio petroleiro.

Figura 1.

A frota mundial de navios transportadores de granéis sólidos e combinados, teve seu desenvolvimento acelerado durante o período de 1950 a 1960. Nesta fase inicial de evolução, foram propostas várias configurações geométricas para este tipo de navio, como pode ser observado na referência (12). Este processo de evolução teve sua fase de maturação durante os anos 60 e, hoje, a quase totalidade dos navios transportadores de granéis sólidos e combinados, com exceção dos navios específicos para operação nos grandes lagos americanos, enquadra-se numa das 4 classificações a seguir:

navio graneleiro ("bulk carrier") - próprio para o transporte de granéis leves (fator de estiva superior a $1 \text{ m}^3/\text{t}$), - de geometria da secção mestra semelhante àquela indicada na

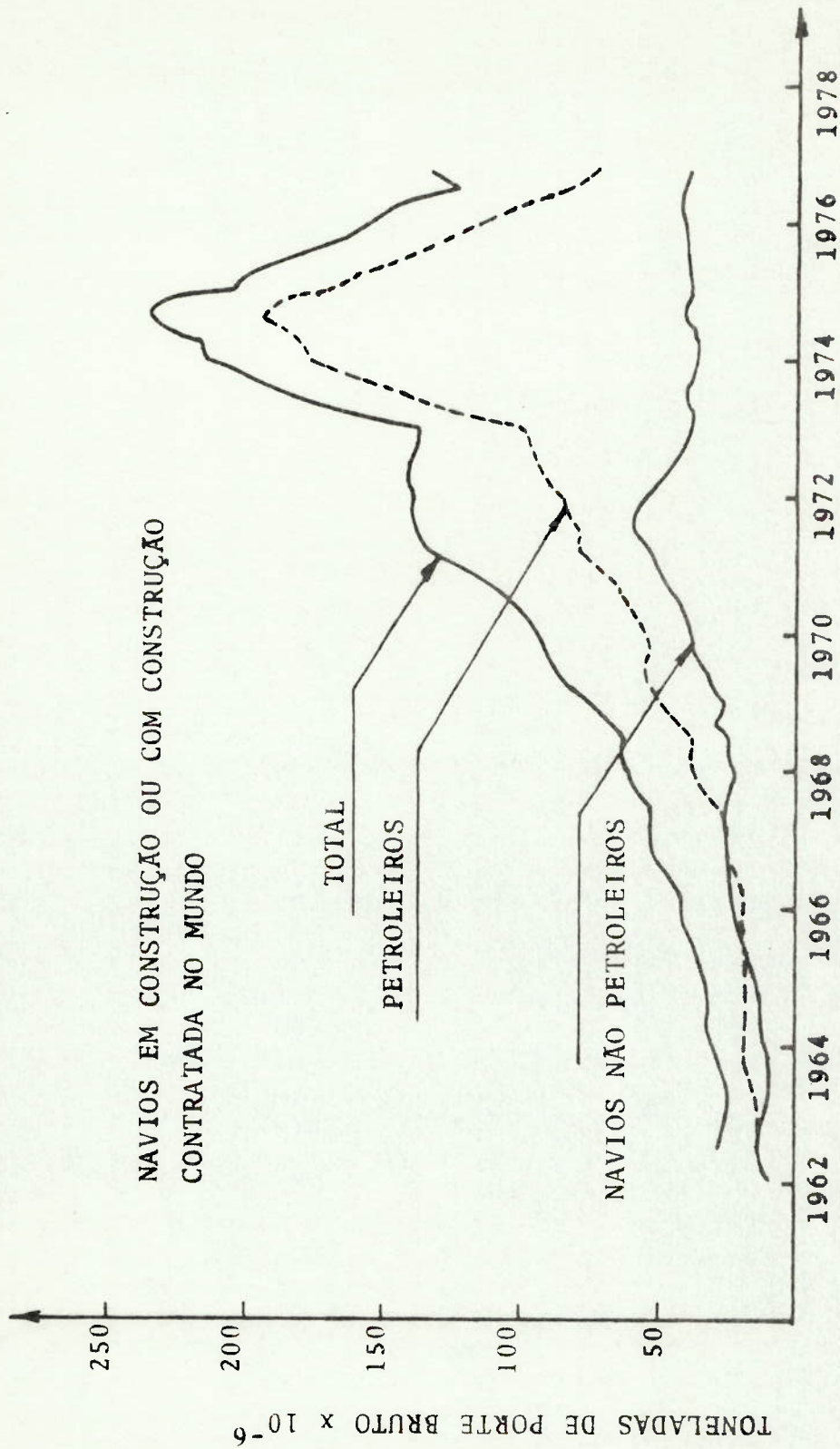
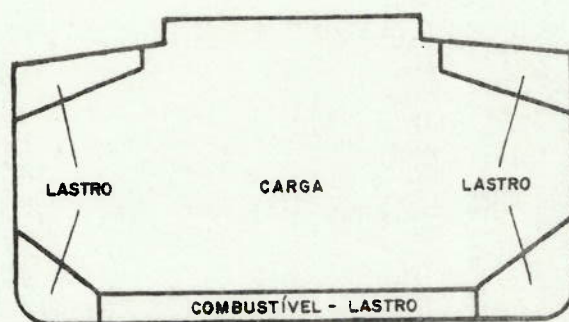


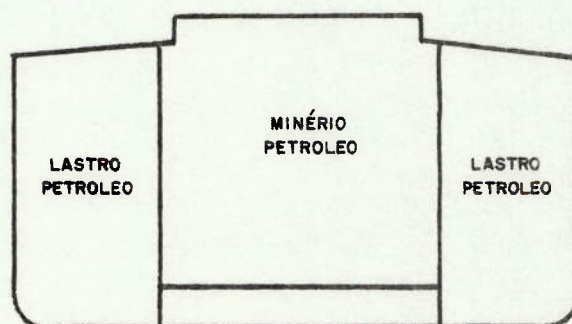
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO NAVAL MUNDIAL (SHIPS OR ORDER/THE MOTOR SHIP/OUT - 76)

figura 3.



Secção mestra típica de um navio graneleiro, ou minereiro ou graneleiro/minereiro.

Figura 3.



Secção mestra típica de um navio mineiro-petroleiro (O/O)

Figura 4.

navio mineraleiro ou graneleiro/mineraleiro - ("ore carrier ou bulk-ore carrier")- próprio para o transporte de grãos leves ou pesados, sendo, neste último caso, o carregamento feito em porões alternados. Sua designação mais específica, de acordo com as Sociedades Classificadoras é: - navio graneleiro, reforçado para cargas de minério e porões específicos que podem estar vazios (bulk carrier-strengthened for ore cargoes - specified holds may be empty). A geometria da secção mestra destes navios é semelhante àquela indicada na figura - 3.



Secção mestra típica de um navio graneleiro combinado (OBO)

Figura 5.

navio mineiro-petroleiro - ("ore-oil carrier" ou O/O) - próprio para o transporte não simultâneo de minério ou petróleo; sua geometria da secção mestra é semelhante àquela indicada na figura 4.

navio graneleiro combinado - ("ore-bulk-oil carrier" ou OBO)- próprio para o transporte não simultâneo de minério, ou granel leve, ou petróleo, sendo, no primeiro caso, o carregamento, feito em porões alternados, de geometria da secção mes-

tra semelhante àquela indicada na figura 5.

	TOTAL	NAVIOS PETROLEIROS	NAVIOS GRANELEIROS OU GRANELEIRO/ MINERALEIRO	NAVIOS MINEIRO/ PETROLEIROS OU GRA- NELEIROS COMBINADOS
Nº DE NAVIOS	2 461	665	530	43
TPB (TOTAL)	133 995 659	73 971 493	19 301 966	5 258 330
%EM Nº SOBRE O TOTAL	-	27	22	2
%EM TPB SOBRE O TOTAL	-	55	14	4
TPB MÉDIO	54 448	111 235	36 419	122 287

Navios em construção, ou com sua construção contrarada
no mundo em 01/10/1.976

Tabela 1

Este trabalho abrangerá a síntese da estrutura de navios do tipo graneleiro ou minereiro, ou graneleiro/minereiro, ou graneleiro combinado, de geometria da secção mestra semelhante àquelas indicadas nas figuras 3 e 5.

A importância dos navios graneleiros na construção naval mundial pode ser avaliada tomando-se por base os dados sobre todos os navios de mais de 2.000 TPB em construção, ou com sua construção contratada, no mundo, em fins de 1976, - mostrados na tabela 1.

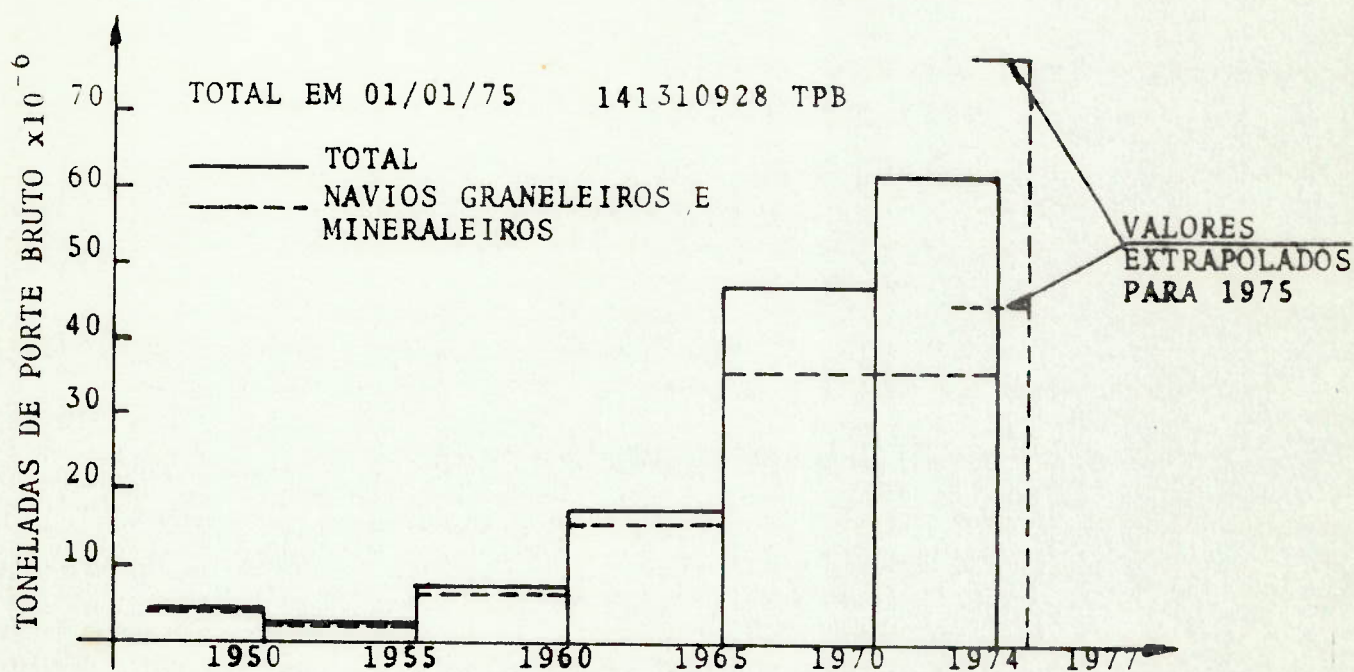
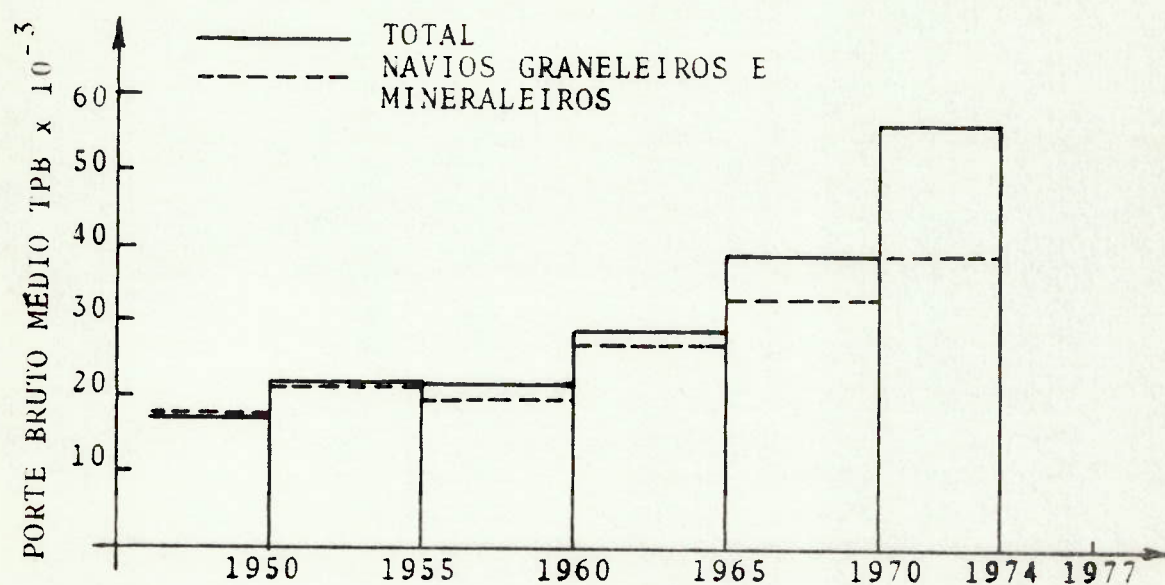


Figura 6 - Distribuição da idade e respectivo porte bruto médio de todos os navios graneleiros e combinados em 01/01/1975 (The Bulk Carrier Register - 1975).

No Brasil esta importância pode ser verificada, através do II - Plano de Construção Naval - 1975/79, que prevê a construção de 52 navios graneleiros, totalizando 1492000 TPB, correspondendo a 28% do total do plano, sendo este o item - mais importante.

I.3 - A SÍNTESE ESTRUTURAL

A síntese estrutural de um navio pode ser feita segundo critérios de projeto aliados à análise estrutural, o chamado processo racional, ou ainda, através das regras de uma Sociedade Classificadora.

Na primeira etapa de um projeto racional ou síntese racional, devem ser estabelecidos todos os critérios de projeto, ou seja: as condições de carregamento, às quais, submeter-se-á a estrutura; os modelos físicos e matemáticos necessários no cálculo dos esforços internos; e, ainda, os níveis máximos admissíveis para estes esforços. Para tanto, são necessárias considerações quanto à probabilidade máxima aceitável de falha da estrutura ou, simplesmente, adotar coeficientes de segurança, explícitos ou implícitos. A segunda etapa, corresponde à determinação da geometria da estrutura e ao posicionamento de todos seus elementos. A terceira etapa, corresponde aos sucessivos ciclos de sínteses e análises, até

obter-se satisfatória convergência. Ao pensarmos em um processo de síntese otimizada e racional, deve-se reciclar a segunda e a terceira etapas acima, a fim de buscar a configuração geométrica ótima para a estrutura, sujeita às restrições necessárias. As principais dificuldades que inviabilizam na prática esta forma de síntese estrutural, são: o completo estabelecimento dos critérios de projeto, que, principalmente em se tratando de estruturas de navios, possuem muitos aspectos de caráter subjetivo, pois ainda não é viável um estudo completo que possibilite determinar a probabilidade de falha para a estrutura de um navio; o aspecto iterativo na definição dos escantilhões, uma vez que, para poder analisar uma estrutura, é necessário o conhecimento de todas suas características e, ainda, o tempo necessário para se obter uma estrutura com elevado grau de otimização, dado o caráter iterativo do processo. Por outro lado, um projeto estrutural assim feito, produz uma estrutura mais "racional" ou "eficiente", isto é, uma estrutura, onde todos seus elementos estarão, em pelo menos uma das condições de carregamento, sujeitos a esforços internos iguais, ou bastante próximos, dos esforços máximos admissíveis.

A outra forma de se fazer a síntese estrutural, é aquela baseada nas Regras de uma Sociedade Classificadora. Neste caso, a determinação dos escantilhões é feita diretamente, através da formulação apresentada naquelas Regras,

evitando-se assim o estabelecimento dos critérios de projeto e os sucessivos ciclos de síntese e análises, para determinar os escantilhões, necessários na síntese racional. A síntese por regras, poderá requerer algum processo iterativo para a determinação dos escantilhões, porém, será este extremamente mais simples, e conseqüentemente mais rápido, que o processo iterativo requerido na síntese racional. É de se esperar, portanto, que a síntese por regras resultará em uma estrutura na qual existirão alguns elementos super-dimensionados, isto é, elementos onde seus esforços internos, qualquer que seja a condição de carregamento, serão relativamente pequenos. Isto se deve, principalmente, à dificuldade em elaborar uma formulação simples para a definição direta dos escantilhões de uma estrutura tão complexa e vasta, quanto a de um navio. A grande vantagem da síntese por regras é sua simplicidade, sendo relativamente fácil de ser programada em um computador eletrônico e, ainda, o tempo de computação necessário nos computadores modernos, será de apenas alguns segundos.

Na prática, adota-se o processo da síntese racional, no projeto de navios de guerra, onde a exigência de mínimo peso estrutural é de suma importância e, também, são necessárias soluções novas e revolucionárias, pois é através destes navios, que são introduzidos e testados os resultados das pesquisas quanto a materiais, processos e arranjos estruturais possíveis de se usar em construção naval, e ainda, estes

navios não estão sujeitos às Regras das Sociedades Classificadoras. Também, no projeto estrutural de navios não convencionais, para os quais as Sociedades Classificadoras ainda não estabeleceram uma formulação para o cálculo direto dos escantilhões, é necessário lançar mão de um processo de síntese racional. Mas, o projeto estrutural de navios mercantes convencionais, para os quais já existem regras de construção e classificação, estabelecidas pelas Sociedades Classificadoras, é feito segundo um processo de síntese por regras. Existem duas razões básicas para tanto: a simplicidade, facilidade, baixo custo e rapidez no projeto, e também porque, como já foi dito, a síntese racional certamente produziria, em algumas partes da estrutura, escantilhões menores que os requeridos pelas regras, os quais dificilmente seriam aceitos pelas Sociedades Classificadoras, dado seu caráter conservador.

Como navios graneleiros são navios mercantes convencionais, neste trabalho consideramos apenas a síntese estrutural baseada nas regras de uma Sociedade Classificadora, - mais especificamente, nas Regras do "Lloyd's Register of Shipping", edição de 1976 (40).

I.4 DIFICULDADES PARA UMA BOA SÍNTESE

A boa síntese é aquela que produz uma estrutura onde

se aliem, harmoniosamente, características de mínimo peso ou mínimo custo e facilidade de arranjo, fabricação, manutenção e operação. Embora aparentemente fácil, a tarefa de uma boa síntese torna-se problemática, em termos de tempo e custo, mesmo dentro dos limites das regras de uma Sociedade Classificadora.

As se fixar a geometria da estrutura, está-se fixando, implícitamente, seus escantilhões, uma vez que, a partir de uma configuração geométrica e das regras de uma Sociedade Classificadora, estes já estarão definidos. Portanto, quando pensamos em uma minimização de peso ou custo da estrutura, devemos pensar, logicamente, em tirar maior partido possível das regras, como será visto no item I.5 a seguir, e, também, em procurar a configuração geométrica para a estrutura, a qual minimiza a função objetivo considerada, seja o peso ou o custo.

Portanto, esta minimização da função objetivo só po de ser feita através de uma análise detalhada, da influência de cada parâmetro que define a geometria da estrutura, no valor da função de mérito.

A procura de uma configuração geométrica para a estrutura, que minimiza a função objetivo e que engloba as ca racterísticas de uma boa síntese, torna-se difícil, e mesmo inviável, num processo normal de projeto, tendo em vista as iterações, implícitas e explícitas, de que demanda. Por ite

ração explícita, designamos aquelas que se tornam claras da própria leitura das regras. Iterações implícitas são aquelas que, não se encontrando explicitamente nas regras, seriam necessárias para a minimização da função de mérito.

Tomando as regras do "Lloyd's Register of Shipping", edição de 1976, usadas para o modelo de síntese deste trabalho, verifica-se existirem, como iterações explícitas, aquelas necessárias para obtenção do módulo de resistência da viga navio requerida. Além destas, porém, existem ainda como iterações explícitas, as necessárias para que se recalquem - praticamente todos os escantilhões, após obter-se um primeiro módulo de resistência satisfatório, pois os coeficientes FB, FD e FM que entram na determinação dos escantilhões, são - função do módulo de secção da viga navio. É claro que, depois deste ciclo de iterações, outro seria necessário, para recalcular o módulo e, em seguida, recalcular, ainda uma vez mais, os escantilhões, numa verdadeira espiral de projeto, que seria interrompida ao obter-se satisfatória convergência. Este procedimento, obviamente, é dispendioso e longo, na ausência de técnicas bem elaboradas para enfrentá-lo. Ele pode ser contornado, atribuindo-se valor unitário aos coeficientes FD, FB e FM. Neste caso porém, estar-se-ia renunciando à obtenção de uma secção de menor valor da função de mérito, e não se estaria tirando maior partido possível das regras.

Principalmente devido a este caráter iterativo da síntese estrutural de navios, mesmo em se tratando de síntese por regras de Sociedades Classificadoras, é que a procura de uma configuração geométrica ideal ou ótima, para a estrutura, é inviável, num processo normal de projeto, pois uma vez determinados os escantilhões, para uma determinada configuração, não se dispõe, na prática, de tempo para a pesquisa de outras configurações geométricas.

I.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UM PROCESSO AUTOMATIZADO DE SÍNTESE ESTRUTURAL.

As principais vantagens de um processo automatizado de síntese estrutural são: a rapidez com que se obtém os escantilhões, e, poder tirar maior partido possível das regras, sem que o operador deste processo seja um especialista em síntese estrutural, por regras de Sociedades Classificadoras. Dada uma configuração geométrica da estrutura, o tempo necessário para obter seus escantilhões é apenas aquele que se dispenderá para preparar ou alterar os dados fornecidos ao computador, e para processar o programa, sendo, este último, da ordem de segundos. Em um processo racional de projeto, seriam necessárias muitas horas de trabalho de um especialista e seus auxiliares, para fazer a mesma tarefa.

Vemos, portanto, que um processo automatizado de síntese é rápido, barato, preciso e acessível a praticamente todos os iniciados no assunto.

Este processo, torna possível a otimização da estrutura, ou seja, a procura de uma configuração geométrica que conduza à minimização da função objetivo, quer seja ela estabelecida em termos de peso ou de custo. Isto porque, pode-se gerar os escantilhões para uma série de configurações geométricas para a estrutura do navio, a um tempo e custo bastante reduzidos.

Processos automatizados de síntese estruturais possuem também, algumas desvantagens. A principal delas, é que a estrutura que será objeto de síntese deverá enquadrar-se no modelo matemático existente no processo. Daí a necessidade de elaborar modelos matemáticos que restrinjam a um mínimo possível as limitações quanto às variantes da geometria da estrutura do navio. Também, nos processos de síntese automatizada, adota-se sempre uma edição das Regras de uma Sociedade Classificadora, o que restringe seu uso. Isto faz com que as partes destes processos, as quais são função unicamente das regras da Sociedade Classificadora, sejam bastante destacadas do restante do processo, a fim de se poder alterá-las ou simplesmente atualizá-las com facilidade.

CAPITULO II - MÉTODO

II.1 NATUREZA DAS REGRAS DAS SOCIEDADES CLASSIFICADORAS.

As Sociedades Classificadoras editam regras para a -
construção e classificação de embarcações. Existem regras -
para construção e classificação de navios de aço, normalmente
editadas ano a ano, quando são introduzidas modificações e
aperfeiçoamentos; regras para diques flutuantes; regras para
embarcações destinadas à navegação interior; regras para pla-
taformas oceânicas, etc. Enfim, existem regras para pratica-
mente todos os tipos de embarcações oceânicas ou fluviais e
estruturas oceânicas, que regulamentam a construção e a clas-
sificação não só da estrutura da embarcação, como também de
todos os equipamentos vitais para sua segurança. Neste trabau

lho, abordaremos apenas as regras para a construção e classificação, para serviço irrestrito, de navios de aço, com comprimento superior a 90 metros.

O capítulo referente a estrutura do navio, nestas regras, contém uma formulação com a qual pode-se determinar diretamente todos os escantilhões da estrutura do navio, ou sejam: a espessura das chapas, o módulo de resistência dos enriçadores, as dimensões das borboletas de ligação e reforços, etc. Nesta formulação, os escantilhões são calculados a partir de certos dados da geometria do navio e de sua estrutura, de características da carga transportada, e ainda, em alguns casos, dos dados de certos elementos que compõem a estrutura ou dados da estrutura como um todo.

Nesta formulação, já estão totalmente definidos, implicitamente, todos os critérios de projeto adotados pela Sociedade Classificadora. Na grande maioria dos casos, estes critérios não podem ser totalmente esclarecidos, nem a partir de uma análise profunda da formulação, nem a partir das próprias Sociedades Classificadoras, uma vez que esta formulação é resultado de um longo período de tempo dispendido em pesquisas, experimentos e também de análises práticas dos resultados da formulação, acompanhando os navios em operação. Isto imprime às Sociedades Classificadoras um caráter extremamente conservador, uma vez que, qualquer inovação na arte de construir, operar e manter navios, só será por elas acei

ta depois de ter plenamente comprovada sua segurança e eficácia.

Atualmente, porém, as Sociedades Classificadoras tem procurado estabelecer seus critérios de projeto, em termos de cargas hidrostáticas equivalentes, tensões máximas admissíveis e modelos de cálculo das tensões, para serem adotados, principalmente, no projeto de navios não convencionais ou de dimensões muito grandes, como os enormes petroleiros modernos. Isto se deve, basicamente, ao fato de não se dispor de conhecimento anterior suficiente, para estabelecer uma formulação destinada ao cálculo direto dos escantilhões destes navios. O desenvolvimento da formulação, ou, o aperfeiçoamento da formulação existente, com vistas a sua aplicação em navios mais modernos, sempre foi possível, porque as alterações e inovações verificadas de um modo geral, processavam-se com grande lentidão, e ainda, os saltos em termos, principalmente, de dimensões dos navios, eram significativamente pequenos se comparados aos atuais.

Esta tendência atual das Sociedades Classificadoras - de explicitar os critérios de projeto, possibilita ao projetista uma maior flexibilidade quando à determinação da geometria da estrutura e seus escantilhões, podendo assim, auferir significativas reduções no peso ou custo da estrutura. Isto porque, na elaboração da formulação atualmente existente, as Sociedades Classificadoras sempre procuraram formulas

simples e amplas, onde, a partir de apenas alguns dados, calculam-se diretamente os escantilhões, e, ainda, devido à forma pela qual elas foram desenvolvidas, os escantilhões assim calculados, de modo geral, são conservadores. Porém, esta possibilidade de reduções significativas, em peso ou custo de estruturas navais ainda é um pouco distante, pois os critérios de projeto ainda não estão totalmente explícitos e, também, a tecnologia atual não dispõe de meios práticos que possibilitem a elaboração de um mecanismo automatizado de síntese racional de estruturas, como entendido no item I.3.

Apesar da formulação atualmente em uso pelas Sociedades Classificadoras ser suficientemente rígida e precisa, pode-se tirar partido das regras, aproveitando-se das facilidades que elas mesmas oferecem para reduzir os escantilhões, mas transformando seu cálculo num processo iterativo. Tomando-se as regras do "Lloyd's Register of Shipping", edição de 1976, adotadas no modelo de síntese deste trabalho, verifica-se que o cálculo dos escantilhões é função, também, de coeficientes FB, FD e FM que, por sua vez, são função da relação entre os módulos de resistência da viga navio existente e requerido. Estas relações poderiam ser adotadas iguais a um, porém, estar-se-ia, neste caso, renunciando a uma redução dos escantilhões mínimos requeridos, principalmente no fundo de navios graneleiros.

II.2 ANÁLISE DO PROCESSO DE SÍNTESE

A primeira etapa de um processo de síntese estrutural será definir exatamente seu arranjo e sua geometria, isto é, seu contorno e o posicionamento de todos os elementos que comporão a estrutura. Entretanto, ao se fazer isso, já se está fixando vários parâmetros que condicionarão fortemente o peso ou o custo estrutural do navio, conforme será demonstrado no capítulo V. Assim sendo, esta etapa deve corresponder ao primeiro passo de um processo iterativo no qual, ao findar a síntese de uma determinada configuração geométrica da estrutura, inicia-se outro ciclo, variando esta geometria, com vistas à minimização do peso ou do custo estrutural, prosseguindo ciclo a ciclo, até obter-se satisfatória convergência. Ou então, definir o arranjo e a geometria da estrutura, com base nos resultados de estudos paramétricos que indiquem a influência das variáveis e parâmetros geométricos que definem seu arranjo e sua geometria, de tal forma que se obtenha uma estrutura mais leve ou mais barata. Esta segunda maneira de proceder à síntese certamente proporcionará redução em peso ou custo estrutural mais modesta que a primeira; porém, elimina este processo iterativo para obtenção do arranjo e geometria ideais para a estrutura. Sempre, nesta busca do arranjo e geometria ideais, deve-se ter em mente os requisitos gerais de projeto, construção, operação

e manutenção do navio.

Em se tratando da síntese do material longitudinal da secção mestra, por Sociedade Classificadora, as etapas seguintes serão:

- a) cálculo do mínimo módulo de resistência requerido para a viga navio;
- b) cálculo de espessuras e módulos de resistência dos enrijecedores.
- c) estima da área de secção transversal dos enrijecedores;
- d) cálculo do módulo de resistência real da viga navio;
- e) alterações nos escantilhões para atingir o módulo requerido;
- f) novo cálculo de espessuras e módulos de resistência, visando tirar partido do módulo de resistência da viga navio obtido, no fundo, maior que o requerido;
- g) reciclagem das etapas c,d,e e f, até obter-se satisfatória convergência;
- h) proceder ao arredondamento de espessuras e escolha dos perfis enrijecedores;
- i) recalcular o módulo de resistência real da viga navio;
- j) proceder ajustes finais, visando obter um módulo de resistência real da viga navio bastante próximo ao requerido.

A síntese da estrutura transversal, dadas as características do projeto por Sociedade Classificadora (que desvincula os escantilhões da estrutura longitudinal dos escantilhões da estrutura transversal) é mais simples, não requerendo processo iterativo para a determinação de seus escantilhões finais. Convém notar que a síntese da estrutura transversal é feita através de uma formulação menos aprimorada, a partir de alguns dados dos escantilhões longitudinais e da geometria.

Resta, apenas, a síntese estrutural das anteparas de porão, que será dividida em duas partes. Na primeira, comum para as anteparas limites de porão e para as anteparas limites de tanques (porão de lastro), serão determinados, diretamente, os escantilhões: das anteparas transversais planas nos tanques de asa superior e inferior; das hastilhas estanques, e dos "caixões" da antepara corrugada do porão. Estes escantilhões podem ser determinados diretamente, pois, não se justifica lançar mão de um processo de busca devido a sua pequena influência no peso ou custo total do navio. À segunda etapa, corresponderá a determinação da configuração geométrica e escantilhões ótimos para as anteparas corrugadas limites de porão e de tanque, respectivamente. Nesta etapa deve-se lançar mão de um processo de busca com vistas à minimização do peso ou do custo destas partes da estrutura.

O diagrama da figura 7 a seguir procura dar uma representação gráfica das idéias aqui apresentadas.

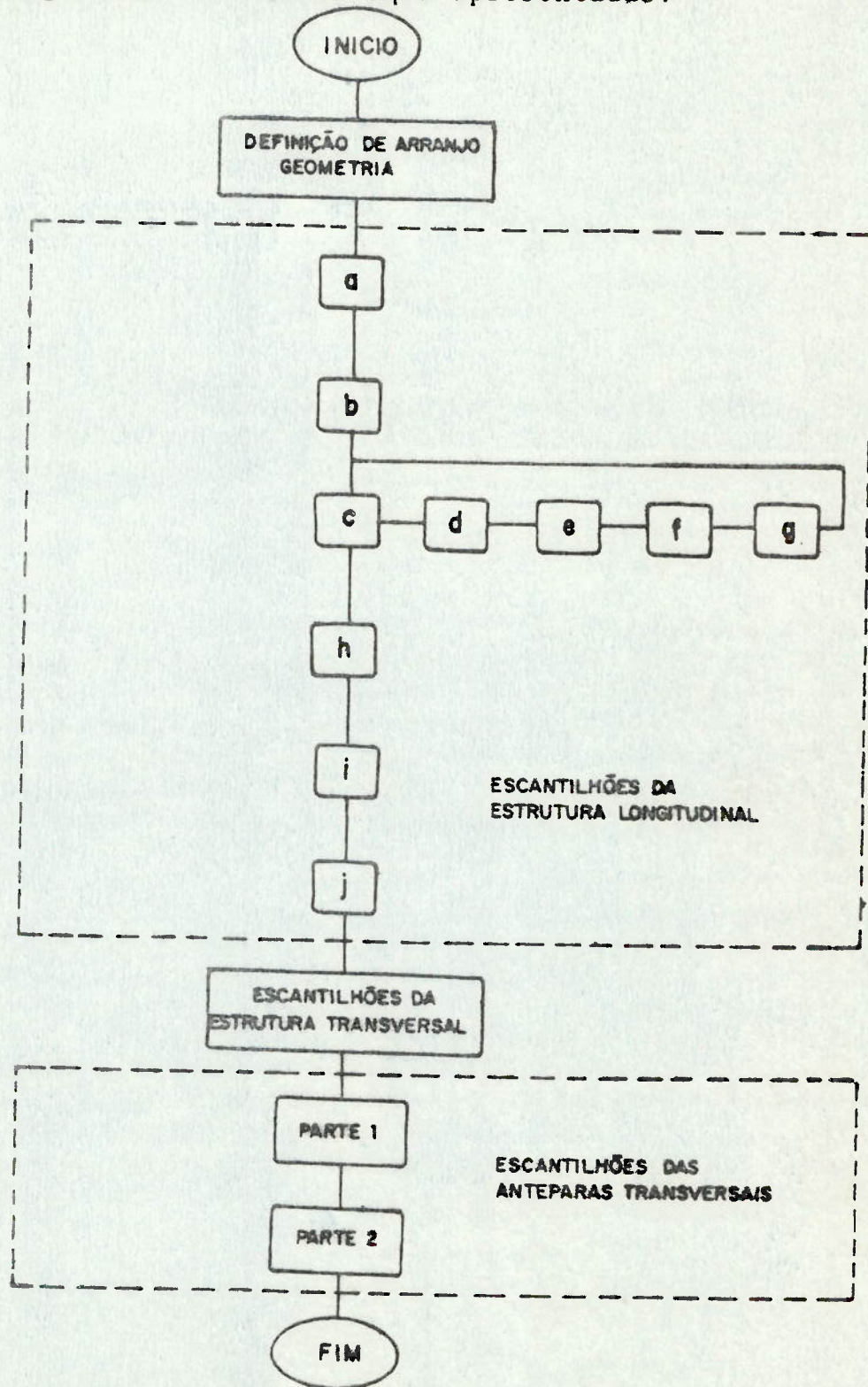


FIGURA 7

II.3 ASPECTOS DE OTIMIZAÇÃO

Sendo a estrutura apenas um dos itens constituintes do navio, sua otimização, a rigor, não pode ser feita independentemente, devendo portanto, ser considerada no problema - mais amplo da otimização global do navio, que, ao ser feita, deveria possuir meios adequados para avaliar as consequências sobre a estrutura, devido à variação de parâmetros globais de projeto.

Nosso propósito não é o da otimização global do navio. Limitamo-nos apenas à estrutura, esperando que os resultados, além de úteis de per si, constituam importante subsídio para a otimização global do navio acima mencionada.

Ao se falar em otimização, surge naturalmente a pergunta sobre o que otimizar. No caso da estrutura, devem ser considerados os aspectos de construção, operação e manutenção, - devidamente combinados, para formar a função de mérito a ser otimizada. Seja qual for a forma com que se combine os custos de construção e de manutenção, e as características de operação, o peso de aço necessário será sempre um fator importante. Além disso, é perfeitamente determinável quantitativamente.

A fim de harmonizar as necessidades de inclui-se, devidamente, requisitos (e portanto, custos) de construção e manutenção, com a exigência de um estudo quantitativo, propõe-se que, em se tratando de otimização estrutural, procure-se - otimizar unicamente o peso, respeitando-se porém, a faixa de

variação que a boa prática recomenda, para fatores mais subjetivos e que dizem respeito aos custos da fabricação e manutenção.

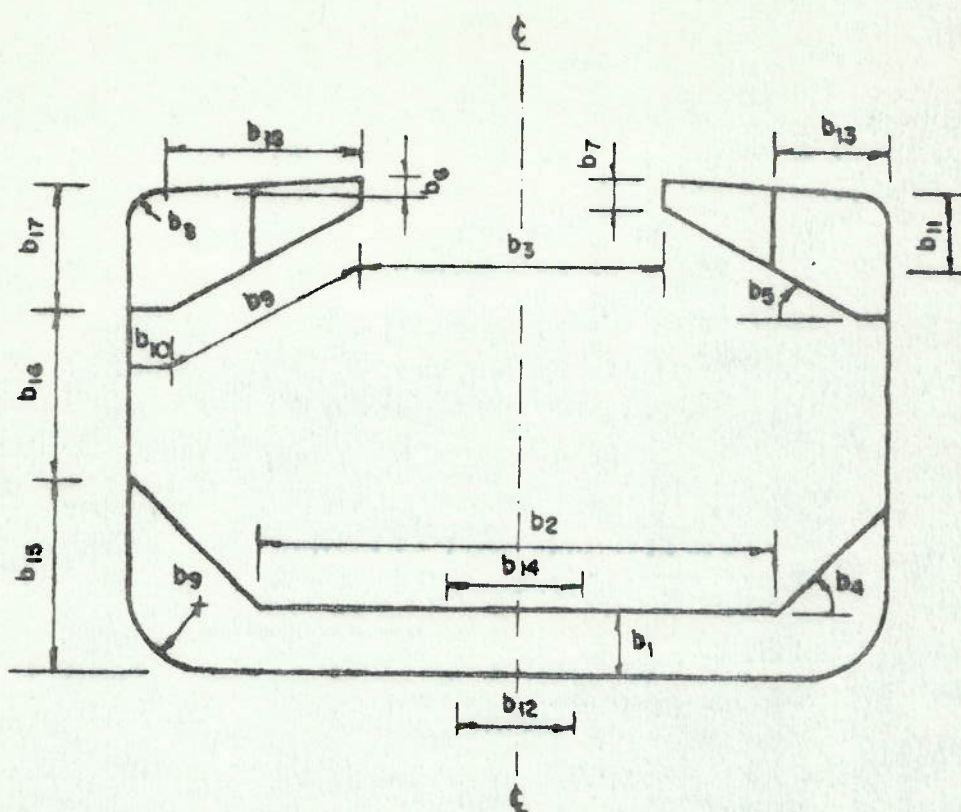
Seja P a função peso estrutural a ser otimizada. Podemos escrever:

$$P = P(\{\alpha\}, \{\beta\}, \{\gamma\}, \{\delta\})$$

onde: $\{\alpha\} = \{\alpha_1\} \{\alpha_2\}$ - sendo $\{\alpha_1\}$ o vetor que define a velocidade do navio e as características principais da carga - (capacidade de carga ou "deadweight"; ângulo de repouso, fatores de estiva mínimo e máximo da carga, etc.) e $\{\alpha_2\}$ define as características principais do navio (comprimento, boca, pontal, calado, coeficiente de bloco e espaçamento entre anteparas transversais);

$\{\beta\}$ é o vetor que define o contorno interno da secção mestra, ou seja, localiza o teto do duplo fundo, as anteparas inclinadas dos tanques de asa, a abertura da escotilha, etc. - (figura 8).

$\{\gamma\} = \{\{\gamma_1\}, \{\gamma_2\}\}$ - $\{\gamma_1\}$ define a posição dos elementos estruturais longitudinais (longarinas do duplo fundo e enrijecedores longitudinais), e $\{\gamma_2\}$ define a posição dos elementos estruturais transversais (cavernas, hastilhas e vaus) (figura 9).



- Notas: i) quando a concordância entre o convês e o citado for na forma de canto vivo, b_8 é igual a zero.
- ii) quando não existir a parte horizontal da antepara do tanque de asa superior, b_{10} é igual a zero.
- iii) b_{11} corresponde à largura do cintado
- iv) b_{12} corresponde à largura da chapa quilha horizontal
- v) quando não existir a antepara diafragma longitudinal no tanque de asa superior, b_{13} é igual a zero.
- vi) b_{14} corresponde à largura da quilha duto, quando a quilha central for singela, b_{14} é igual a zero.

FIGURA 8

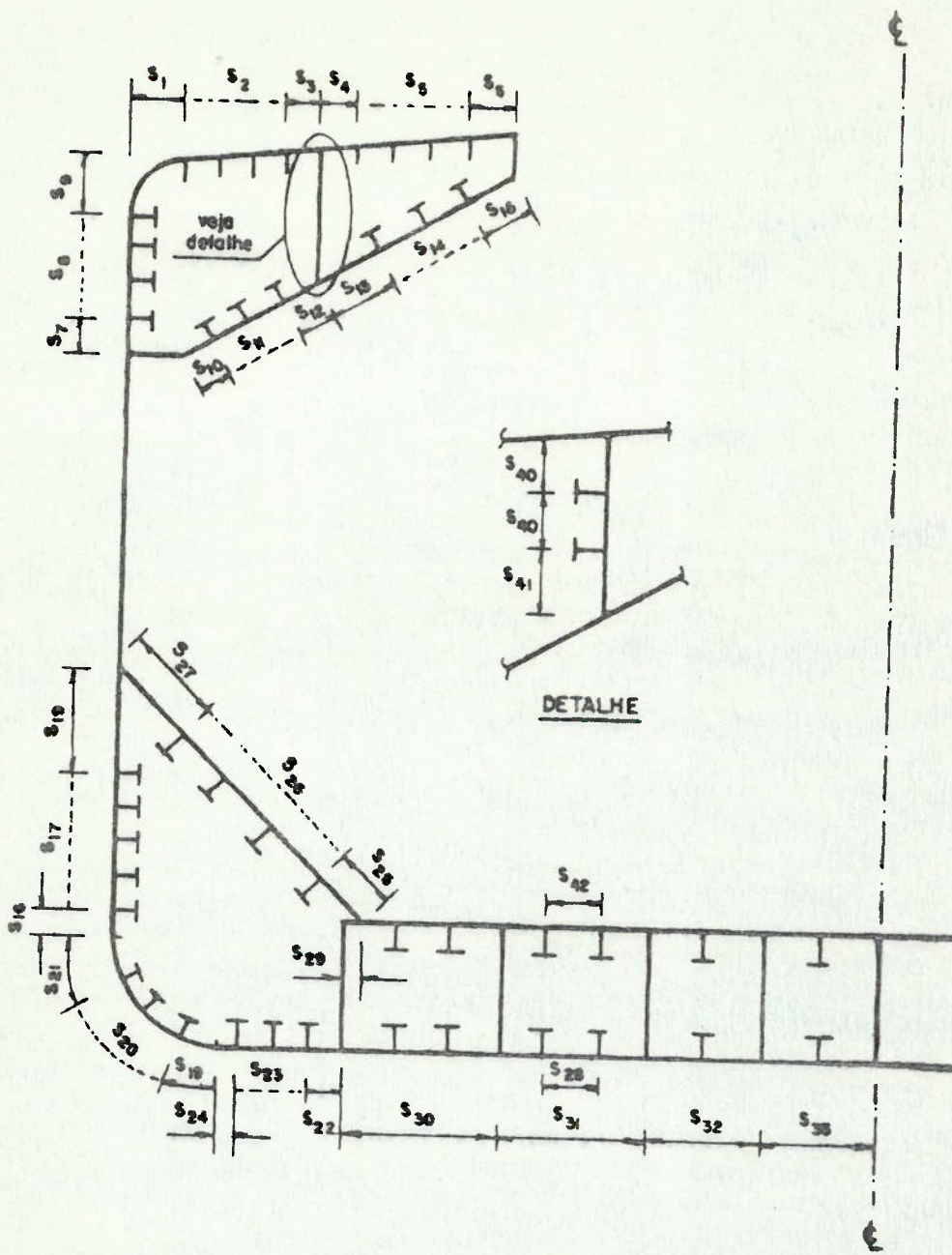


Figura 9

* veja as notas desta figura na página II.13, a seguir.

Notas da figura 9

Notas: i) s_{29} dá a posição relativa entre a quilha lateral limite entre o duplo fundo e o tanque de asa inferior e a linha de intersecção entre o chapeamento do teto do duplo fundo e o chapeamento da antepara do tanque de asa inferior. Quando esta quilha está à esquerda desta intersecção, ou seja, - ela está dentro do duplo fundo, o valor de s_{29} será positivo. Quando ela está à direita daquela intersecção, o valor de s_{29} será negativo. Quando ela coincidir com a intersecção, s_{29} será igual a zero.

ii) deve-se notar que para cada painel de chapa da estrutura, são reservados três valores para s . O valor de s corresponde ao menor dos três índices (i) é o espaçamento entre o limite do painel e o primeiro enrijecedor do painel. O valor correspondente ao índice seguinte ($i + 1$) é o espaçamento padrão, ou seja, o espaçamento entre enrijecedores naquele painel. E, o valor correspondente ao maior índice ($i + 2$), é o espaçamento entre o último enrijecedor do painel e o fim deste.

iii) quando não existir a antepara diafragma longitudinal no tanque de asa superior, fazer:

$$s_4 = s_5 = s_6 = s_{13} = s_{14} = s_{15} = 0$$

{ δ } - define a geometria das anteparas transversais (figura 10).

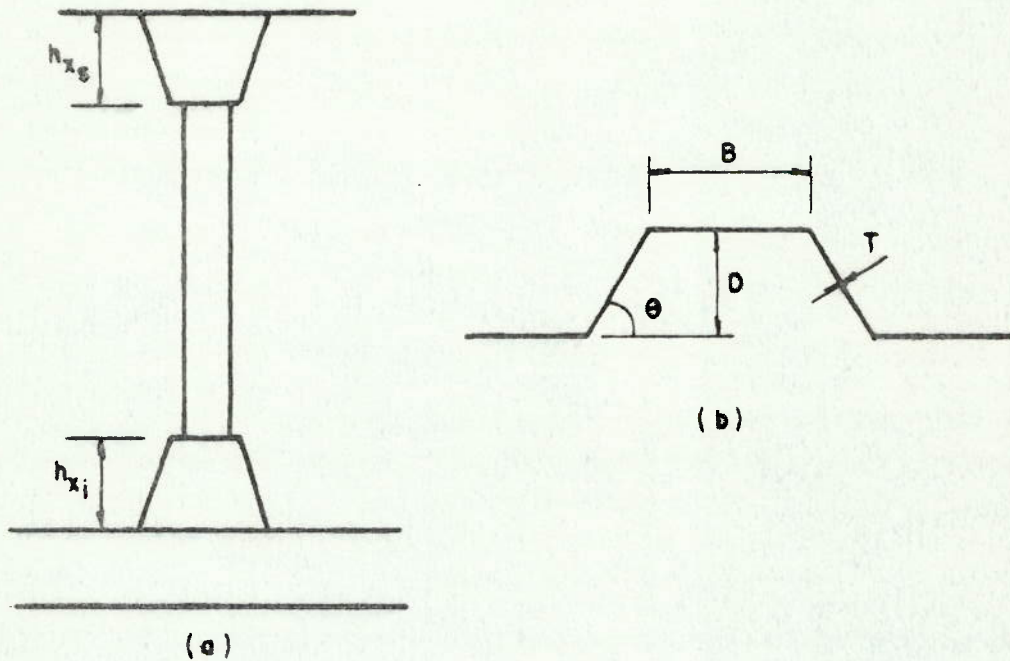


FIGURA 10

Portanto:

$$P = (\{ \alpha_1 \}, \{ \alpha_2 \}, \{ B \}, \{ \gamma_1 \}, \{ \gamma_2 \}, \{ \delta \})$$

O vetor $\{ \alpha_1 \}$ - é constituído de variáveis que definem o problema em estudo, ou seja, $\{ \alpha_1 \}$ é um dado de entrada do problema de otimização do navio. Desta forma, consideraremos este vetor como constante no processo de otimização.

As variáveis do vetor $\{ \alpha_2 \}$ são altamente significativas no problema de otimização global do navio. Logo, dele não trataremos, na minimização isolada de P . Assim sendo, $\{ \alpha_2 \}$,

também, será considerado como constante no processo de otimização da estrutura.

Então:

$$P = P(\{\bar{\alpha}_1\}, \{\bar{\alpha}_2\}, \{\beta\}, \{\gamma_1\}, \{\gamma_2\}, \{\delta\})$$

Ou:

$$P = P(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_1\}, \{\gamma_2\}, \{\delta\})$$

Onde:

$$\{\bar{\alpha}\} = \{ \{\bar{\alpha}_1\}, \{\bar{\alpha}_2\} \} = \text{constante}$$

O peso estrutural total P , pode ser dividido em três partes:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

sendo: P_1 = peso do material longitudinal da estrutura

P_2 = peso da estrutura transversal

P_3 = peso das anteparas transversais.

Analisando a síntese de cada uma das partes da estrutura: longitudinal, transversal e anteparas, concluímos:

$$P_1 = P_1(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_1\} \{\gamma_2\})$$

$$P_2 = P_2(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_2\})$$

$$P_3 = P_3(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\delta\})$$

Pois: a) P_1 e P_2 não são função de $\{\delta\}$, e P_3 não é função de $\{\gamma\}$, porque as antepáras transversais serão do tipo corrugado, não existindo, portanto, vínculos de continuidade estrutural;

b) P_2 não é função de $\{\gamma_1\}$, porque, como estamos cogitando, apenas, da síntese por Sociedade Classificadora, a estrutura transversal é totalmente definida a partir de $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$ e $\{\gamma_2\}$.

Podemos dividir o vetor $\{\gamma_1\}$ em duas partes:

$$\{\gamma_1\} = \{\gamma_1'\} \{\gamma_1''\}$$

Onde: $\{\gamma_1'\}$ - define a posição dos enrijecedores longitudinais da estrutura

$\{\gamma_1''\}$ - define a posição das longarinas do duplo fundo.

As componentes do vetor $\{\gamma_1''\}$, são fixadas pela Sociedade Classificadora, como função da boca do navio, da largura do duplo fundo, e da altura do duplo fundo, enfim, das compo-

nentes dos vetores $\{\alpha\}$ e $\{\beta\}$

$$\begin{aligned} P_1 &= P_1(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_1\}, \{\gamma_2\}) = \\ &= P_1^1(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_1'\}, \{\gamma_1''\}, \{\gamma_2\}) \end{aligned}$$

Mas:

$$\{\gamma_1''\} = f(\{\alpha\}, \{\beta\})$$

Logo:

$$P_1 = P_1^2(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_1'\}, \{\gamma_2\})$$

O peso do material longitudinal da estrutura P_1 , pode, para este tipo de navio, ser dividido em duas partes:

$$P_1 = P_1' + P_1''$$

Onde:

P_1' = peso da estrutura longitudinal, que se obtém, a partir das regras, considerando apenas a resistência local da estrutura. Isto é, corresponde ao peso da estrutura, que se obteria, caso os requisitos de mínimos módulos de resistência para a viga navio não existissem.

P_1'' = peso do material longitudinal da estrutura, que deve ser a ela acrescentado, a fim de atender - aos requisitos de mínimos módulos de resistência - para a viga navio, ou seja, aos requisitos de resistência longitudinal da viga navio.

E, então:

$$P_1' = P_1'(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_1'\}, \{\gamma_2'\})$$

$P_1'' = P_1''(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \text{propriedades geométricas da estrutura correspondente a } P_1')$

O segundo item de peso P_1'' , é função: de $\{\alpha\}$, porque é a partir deste vetor que as Sociedades Classificadoras definem seus requisitos de resistência longitudinal para a viga - navio; de $\{\beta\}$, porque indica a posição, distância da linha - neutra da viga, onde será acrescentado o material; e das propriedades geométricas da estrutura correspondente a P_1' , porque estas propriedades juntamente com os vetores $\{\alpha\}$ e $\{\beta\}$ é que definem quanto material deverá ser acrescentado.

Se procurássemos uma estrutura que atendesse apenas aos requisitos de resistência longitudinal, e como as regras - das Sociedades Classificadoras colocam estes requisitos apenas em termos de mínimos módulos de resistência para a viga - navio, chegaríamos a uma configuração estrutural onde existiria material apenas no convés e no fundo. Portanto, a parcela

de peso correspondente a P'_1 , tem, apenas, as funções de prever a estanqueidade dos diferentes compartimentos do navio e de dar continuidade à estrutura.

Assim sendo, podemos definir os valores ótimos das componentes do vetor $\{\gamma'_1\}$, minimizando separadamente P'_1 , mantendo fixos os valores de $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$ e $\{\gamma_2\}$. Dadas as características das regras das Sociedades Classificadoras, esta definição dos valores ótimos das componentes do vetor $\{\gamma'_1\}$, pode ser transformada numa função de $\{\alpha\}$ e $\{\beta\}$, como demonstrado no anexo A.

Portanto:

$$\{\gamma'_1\}^* = f(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\})$$

E, então:

$$P_1 = P_1^3(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_2\})$$

$$P_2 = P_2(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_2\})$$

$$P_3 = P_3(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\delta\})$$

Como as parcelas de peso correspondentes a P_1 e P_2 - equivalem a cerca de 85% do peso total P da estrutura, definimos os valores ótimos das componentes dos vetores $\{\beta\}$ e $\{\gamma_2\}$, minimizando apenas $P_1 + P_2$. A minimização de P_3 isolado, admitindo-se fixos os valores de $\{\alpha\}$ e de $\{\beta\}$, sendo estes úl-

timos iguais àqueles obtidos através da minimização isolada de $P_1 + P_2$, indicará os valores ótimos para as componentes do vetor $\{\delta\}$.

Logo:

$$\min. P_1 + P_2 = P_{12}(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_2\} \rightarrow \{\beta^*\}, \{\gamma_2^*\})$$

$$\min. P_3 = P_3(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta^*\}, \{\delta\}) \rightarrow \{\delta^*\}$$

Como as variáveis de $\{\beta\}$ estão condicionadas às áreas A_1, A_2, A_3 e A_4 (figura 11), que estão ligadas a requisitos gerais de projeto (volume necessário para a carga, lastro e combustível, natureza e manuseio da carga e estabilidade do navio), a minimização de $P_1 + P_2$ deve ser feita impondo-se restrições aos valores das variáveis de $\{\beta\}$.

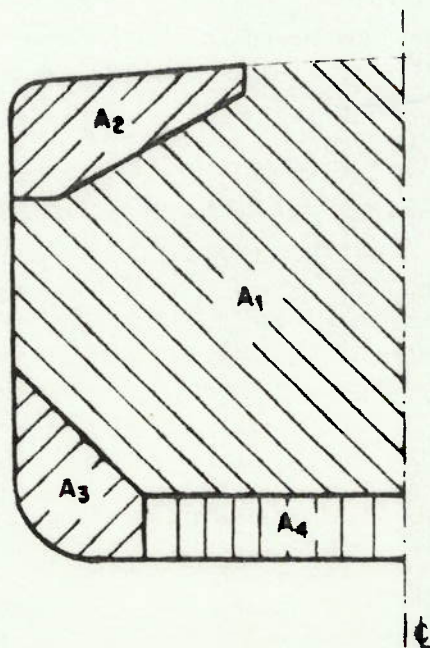


FIGURA 11

Logo:

$$\min. P_1 + P_2 = P_{12}(\{\bar{\alpha}\}, \{\beta\}, \{\gamma_2\})$$

sujeita a:

$$A_i < a_i < \bar{A}_i \quad , \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$B_j < b_j < \bar{B}_j \quad , \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$C_k < c_k < \bar{C}_k \quad , \quad k = 1, 2, \dots, p$$

- Onde:
- a) A_i, \bar{A}_i, a_i - representam os valores mínimos, máximos e reais, respectivamente, para cada uma das áreas indicadas na figura 11.
 - b) B_j, \bar{B}_j, b_j - representam os valores mínimos, máximos e reais, respectivamente, para cada uma das n componentes do vetor $\{\beta\}$.
 - c) C_k, \bar{C}_k, c_k - representam os valores mínimos, máximos e reais, respectivamente, do centro de gravidade de cada uma das áreas da figura 11, ou conjunto de áreas.
 - d) sendo $(A_i, \bar{A}_i, B_j, \bar{B}_j, n, C_k, \bar{C}_k, p)$ função do vetor $\{\alpha\}$.

De acordo com o método de otimização proposto, dividimos o modelo de síntese e otimização da estrutura do corpo paralelo médio de navios graneleiros em 5 etapas, a saber:

- 1^a - modelo de síntese da estrutura longitudinal na secção mestra e definição da função $\{\gamma_1'^*\} = f(\{\alpha\}, \{\beta\})$
- 2^a - modelo de síntese da estrutura transversal
- 3^a - modelo de síntese da estrutura das anteparas transversais.
- 4^a - definição da formulação correspondente às restrições do vetor $\{\beta\}$, no processo de otimização, e seleção e aplicação de um método formal de otimização para se obter $\{\beta^*\}$ e $\{\gamma_2^*\}$, a partir da minimização de $P_1 + P_2$
- 5^a - seleção e aplicação de um método formal de otimização para se obter $\{\delta^*\}$, a partir da minimização de P_3 .

Atualmente, apenas as 1^a, 2^a, 3^a e 5^a etapas do método foram totalmente desenvolvidas.

O método de otimização aqui proposto, certamente, não corresponde à solução matemática do problema, isto é, os vetores $\{\beta^*\}$, $\{\gamma_1'^*\}$, $\{\gamma_1''^*\}$ e $\{\delta^*\}$ assim determinados não corresponderão ao ponto de mínimo valor do peso estrutural do navio. Porém, estes resultados correspondem a uma solução de engenharia do problema, pois estarão suficientemente próximos da solução exata. E, ainda, correspondem a uma solução factível do problema, uma vez que, se procurássemos a minimização

de P, sujeira às devidas restrições (solução matematicamente exata do problema), teríamos um problema insolúvel com as técnicas de programação em computadores eletrônicos atualmente disponíveis devido, principalmente, à quantidade de variáveis independentes a serem consideradas, e ao tempo de computação necessário.

II.4 REQUISITOS DESEJÁVEIS PARA UM PROCESSO DE SÍNTESE AUTOMATIZADA.

Processos de síntese automatizada, devem atender a uma série de requisitos, a fim de tornar sua utilização mais ampla e fácil, e, também, a fim de facilitar sua atualização face às constantes alterações introduzidas, anualmente, nas regras das Sociedades Classificadoras. Assim, sendo, passaremos a listar alguns destes requisitos.

- i) o modelo matemático que representa a geometria do navio, deve ser o mais amplo possível, a fim de tornar viável sua aplicação para um grande número de pequenas variantes em torno da configuração geométrica admitida como base.
- ii) o modelo deverá aceitar diferentes graus de definição do navio, gerando, com base em navios existentes, os diferentes dados necessários e ainda

não disponíveis na fase do projeto na qual se deseja utilizá-lo. Isto torna possível o uso do modelo, desde a fase inicial de concepção do navio, até uma fase posterior ao projeto, onde se deseja verificar se um determinado navio satisfaz aos requisitos da Sociedade Classificadora, ou quando se pretende avaliar as consequências na estrutura, devidas a alterações em suas características geométricas.

- iii) as partes do modelo que envolvem direta ou indiretamente as regras da Sociedade Classificadora, deverão ser agrupadas e destacadas no modelo, a fim de facilitar sua atualização e, também, a mudança da Sociedade Classificadora escolhida na elaboração do método.
- iv) as partes do modelo que envolvem características comerciais, tais como, espessuras de chapas de aço disponíveis e perfis enrijecedores disponíveis, deverão ser destacados no programa, com vistas a sua atualização. Deverão também dar condições do usuário, de especificar os padrões a ele disponíveis.
- v) todas as tolerâncias permitidas pelas Sociedades Classificadoras, bem como outras características da estrutura que dependem fortemente do estalei-

ro, devem ser definidas pelo usuário ou arbitradas pelo método quando não disponíveis.

Estes são, portanto, em termos genéricos, os principais requisitos para um processo de síntese automatizada. Convém notar que todos eles podem ser traduzidos numa preocupação básica, de não tornar o modelo de síntese adotado numa "camisa de força", limitando seu uso apenas para um determinado tipo específico e tamanho de navio para uma determinada edição das regras de uma Sociedade Classificadora, para as condições comerciais de um estaleiro em dado momento, etc....

CAPÍTULO III - ESTRUTURA DO MODELO E
ALGORÍTIMO DE SÍNTESE.

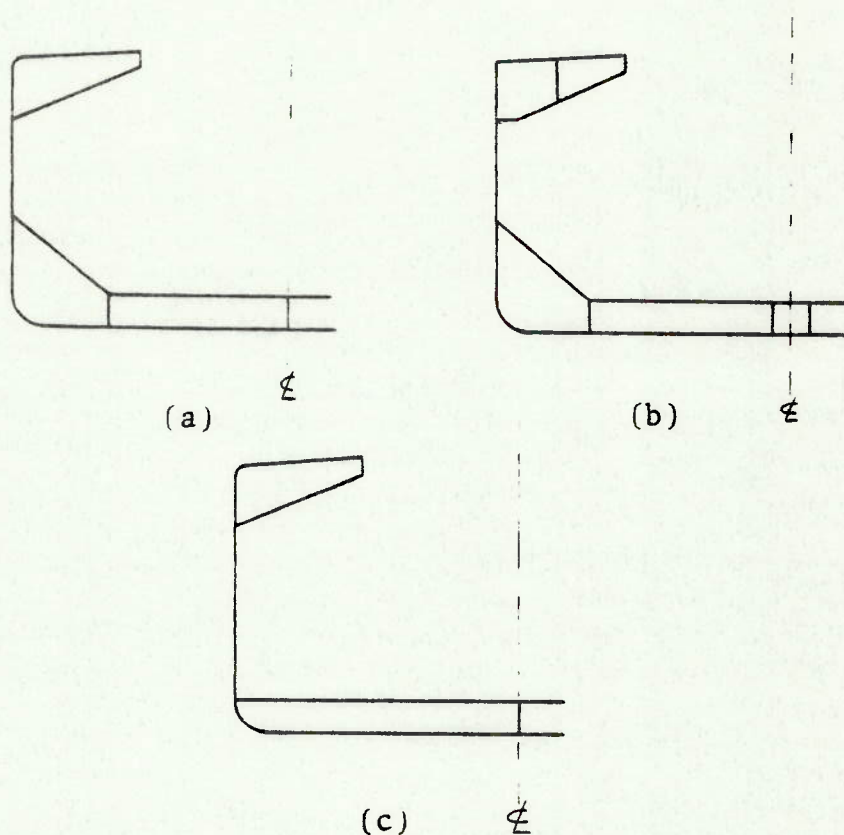
III.1 - ESTABELECIMENTO NÍTIDO DAS FINALIDADES.

O modelo de síntese foi elaborado com vistas a preencher todos os requisitos desejáveis para um processo de síntese automatizada, citados no item II.4. Convém notar que, apesar de o modelo ter sido elaborado a fim de incorporar to das as 5 etapas do processo de síntese, descritas no item II.3, a 4^a etapa não foi incluída por não estar totalmente desenvolvida. No Capítulo V, tecemos alguns comentários e

conclusões parciais quanto a esta parte do processo.

Assim sendo, as características a seguir descritas, foram observadas na elaboração do modelo:

a) o modelo matemático para a geometria da secção mestra do navio, representa convenientemente as configurações indicadas na figura 12.



configurações geométricas da secção mestra que o modelo representa convenientemente

nota : combinações das configurações (a), (b) e (c) também são aceitas.

FIGURA 12

b) o modelo pode ser utilizado na síntese estrutural de navios com as características da secção mestra indicadas no ítem a, e ainda:

- comprimento, maior que 90 metros
 - deslocamento, compreendido entre 8000 e 180 000 TPB.
 - máximo e mínimo fator de estiva para a carga, - compreendido entre $0,4 \text{ m}^3/\text{t}$ e $1,5 \text{ m}^3/\text{t}$
 - a estrutura poderá ser construída, totalmente, - em aço médio, ou ter o convés em aço de alta resistência e demais partes em aço médio, ou, ter o convés e o fundo em aço de alta resistência e demais partes em aço médio.
 - o esquema da estrutura transversal (espaçamento entre anéis gigantes no fundo e no convés, e o espaçamento entre cavernas comuns e gigantes no costado) pode ser definido pelo usuário, sendo aceitáveis quaisquer dos esquemas usuais.
 - dadas as características acima, o navio poderá - enquadrar-se em qualquer dos seguintes tipos: navio graneleiro ("bulk carrier"); navio minereiro* ("ore-carrier"); ou navio combinado ("ore-bulk-oil carrier");
- * só são aceitos navios deste tipo que possuam a geometria da secção mestra semelhante àquelas indicadas no ítem a.

- c) os dados necessários à síntese, foram classificados em grupos, correspondentes aos vetores $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ e $\{\delta\}$, mencionados no item II.3. É possível utilizar-se o modelo, fornecendo: apenas o vetor $\{\alpha\}$; ou, os vetores $\{\alpha\}$ e $\{\beta\}$; ou ainda, os vetores $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ e $\{\delta\}$. Para tanto, quando os parâmetros contidos num dos vetores não é fornecido ao modelo, são por ele gerados com base em navios existentes;
- d) o modelo procede à síntese da estrutura longitudinal, da estrutura transversal, e da estrutura das anteparas de popa, na região de 0.4 L a meio navio;
- e) o cálculo dos escantilhões é feito segundo os requisitos para construção e classificação de navios de aço, com comprimento superior a 90 metros, da Sociedade Classificadora "Lloyd's Register of Shipping" edição de 1975;
- f) o modelo incorpora um arquivo de perfis laminados que inclui os seguintes tipos: cantoneira de abas iguais, norma DIN; cantoneira de abas desiguais, norma DIN; bulbo norma DIN; cantoneira de abas iguais, norma ASTM; cantoneira de abas desiguais, norma ASTM. O usuário pode especificar, dentro dos arquivos, quais os perfis de que dispõe e também, qual o tipo de perfil que deve ser adotado em cada painel que compõe a estrutura, ou ainda, se deverão ser adotados perfis construídos. A seleção dos perfis é feita procurando dentro do arquivo o perfil de mínimo peso tal que

atenda aos requisitos de mínimo módulo de resistência. - Quando o maior perfil disponível no arquivo não atende ao requisito de mínimo módulo, o modelo adota, automaticamente, um perfil construído.

- g) os perfís, quando não laminados, são construídos a partir de chapas soldadas, sendo suas dimensões determinadas de seguinte forma: atendam ao requisito de mínimo módulo resistência; a espessura da alma deve ser maior ou igual ao mínimo estabelecido pela Regras; e, tenham o mínimo peso;
- h) os longitudinais do convés são sempre do tipo barra-chata, podendo a proporção de material entre a chapa do convés e os longitudinais do convés ser estabelecida pelo usuário;
- i) todas as espessuras das chapas são arredondadas segundo - um dos padrões a seguir: padrão em milímetros ou em polegadas, com incremento constante definido pelo usuário; ou, segundo uma tabela de espessura de chapas disponíveis definida pelo usuário. As tolerâncias para o arredondamento - de espessuras pode ser especificado pelo usuário;
- j) o módulo de resistência da viga navio deverá ser, sempre, maior ou igual ao mínimo requerido, admitindo-se uma tolerância máxima de 1% a maior;
- k) e, finalmente, todas as partes do modelo foram elaboradas com vistas a tirar-se maior partido possível das Regras a fim de obter uma estrutura de mínimo peso.

Estas são, portanto, as principais características do modelo.

III.2 SELEÇÃO DOS PARÂMETROS PERTINENTES E CORRESPONDENTE CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS.

Esta seleção e classificação dos parâmetros pertinentes ao modelo de síntese adotado, foi feita tendo em vista os vetores $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ e $\{\delta\}$ e, também, as possibilidades de uso do programa, quanto ao grau de definição do navio em estudo e à extensão da estrutura que será objeto de síntese.

Além dos vetores $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ e $\{\delta\}$, foi necessário introduzir outros vetores, cuja finalidade é especificar as condições de uso do programa, estabelecer as disponibilidades de materiais e fixar outros parâmetros, que estão intimamente relacionados com as disponibilidades e costumes de cada estaleiro ou armador. São eles:

$\{i\} = \{i_1, i_2, i_3\}$ - contém os códigos das condições de uso do programa quanto à síntese das estruturas longitudinal, transversal e das anteparas de porão respectivamente, e ao grau de definição do navio em estudo.

$$\{\ell\} = \{\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ell_4\}$$

ℓ_1 - altura do suspiro dos tanques

ℓ_2 - largura das chapas disponíveis

ℓ_3 - relação entre: (peso dos longitudinais do convés)
/(peso da chapa do convés)

ℓ_4 - menor espaçamento admissível entre enrijecedores

$$\{t\} = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_{t_{3+3}}\}$$

t_1 - limite máximo de arredondamento a inferior da -
espessura das chapas.

t_2 - valor do incremento, constante, para as espessu-
ras de chapas disponíveis.

t_3 - número de valores que constam na tabela de espes-
sura de chapas disponíveis.

$t_4, \dots, t_{t_{3+3}}$ - tabela de espessura de chapas disponí-
veis.

$$\{j\} = \{j_{B_1}, \dots, j_{B_{38}}, j_{CD_1}, \dots, j_{CD_{128}}, j_{CA_1}, \dots, j_{CA_{126}}\}$$

$j_{B_i}, j_{CD_i}, j_{CA_i}$ - contém os códigos de disponibilida-
de dos perfis laminados, dos seguin-
tes tipos: bulbo da norma DIN; can-
toneira da norma DIN; e cantoneira -
da norma ASTM, respectivamente.

$$\{m\} = \{m_1, \dots, m_{10}\}$$

m_i - contém os códigos de especificação dos tipos -

de perfis enrijecedores , para as diferentes partes da estrutura.

Os vetores $\{i\}, \{l\}, \{t\}, \{j\}$, juntamente com o vetor $\{\alpha\}$, correspondem ao grupo de dados iniciais ou gerais, pois qualquer que seja a condição de uso do programa eles de vem ser fornecidos. .

$$\{\alpha\} = \{a_1, a_2, \dots, a_{20}\}$$

- a_1 - comprimento total do navio
- a_2 - comprimento entre perpendiculares
- a_3 - comprimento da linha d'água de verão
- a_4 - comprimento estrutural
- a_5 - boca
- a_6 - pontal
- a_7 - calado
- a_8 - coeficiente de bloco
- a_9 - capacidade de carga ou "deadweight"
- a_{10} - velocidade
- a_{11} - menor fator de estiva da carga que o navio de verá transportar
- a_{12} - máximo momento fletor atuante na viga navio - em águas tranquilas
- a_{13} - deslocamento, no calado de projeto
- a_{14}, a_{15}, a_{16} - tensões de escoamento do aço do convés do fundo e demais partes do navio, respectivamente.

- a_{17} - comprimento do maior porão de carga
- a_{18} - relação entre: (peso da carga no porão)/(volume do porão), para a condição mais desfavorável.
- a_{19}, a_{20} - módulo de resistência requeridos, para a viga navio, no convés e no fundo, respectivamente.

O vetor $\{\beta\}$, corresponde ao grupo de dados complementares; e define o contorno interno da secção mestra do navio. (figura 8)

$$\{\beta\} = \{ b_1, b_2, \dots, b_{20} \}$$

- b_1 - altura do duplo fundo
- b_2 - largura do duplo fundo
- b_3 - largura da abertura da escotilha
- b_4 - ângulo de inclinação da antepara do tanque de asa inferior
- b_5 - ângulo de inclinação da antepara do tanque de asa superior
- b_6 - flexa no convés principal, no limite da escotilha
- b_7 - altura da parte vertical da antepara do tanque de asa superior
- b_8 - raio de curvatura do cintado
- b_9 - raio do bojo

- b_{10} - largura da parte horizontal da antepara do tanque de asa superior
 b_{11} - largura do cintado
 b_{12} - largura da chapa quilha horizontal
 b_{13} - distância da antepara diafragma longitudinal do tanque de asa superior do costado
 b_{14} - largura da quilha duto
 b_{15} - altura do costado no tanque de asa inferior
 b_{16} - altura do costado no porão
 b_{17} - altura do costado no tanque de asa superior
 b_{18} - largura do convés
 b_{19} - largura da antepara do tanque de asa superior
 b_{20} - largura da antepara do tanque de asa superior

O valor das variáveis de $\{\beta\}$, $b_{15}, b_{16}, \dots, b_{20}$, podem ser obtidas a partir de b_1, b_2, \dots, b_{14} . Elas constam no vetor $\{\beta\}$, por serem de grande utilidade nos cálculos subsequentes, porém, são considerados parâmetros apenas as primeiras - 14 variáveis de $\{\beta\}$.

O vetor $\{\gamma\}$, corresponde ao grupo de dados suplementares, e dá o exato posicionamento de todos os elementos - das estruturas longitudinal e transversal do navio.

$$\{\gamma\} = \{\gamma_1, \gamma_2\}$$

$$\{\gamma_1\} = \{s_1, s_2, \dots, s_{41}, n_1, n_2, n_3, m_1, \dots, m_{10}, l_1, l_2, l_3, l_4\}$$

- s_1, \dots, s_{41} - indica o espaçamento entre enrijecedores nos diferentes painéis que compõem a estrutura longitudinal, veja figura 9.
- n_1 - número de quilhas laterais, em cada bordo.
- n_2 - número de fiadas de chapa na antepara do tanque de asa superior, em cada bordo
- n_3 - número de fiadas de chapa na antepara do tanque de asa inferior, em cada bordo
- m_1, \dots, m_{10} - número de enrijecedores longitudinais nos painéis do convés, fundo no duplo fundo, fundo do tanque de asa inferior, teto do duplo fundo, costado no tanque de asa superior, antepara inclinada do tanque de asa superior, costado no tanque de asa inferior, bojo, antepara inclinada do tanque de asa inferior, antepara diafragma do tanque de asa superior, - respectivamente, em cada bordo.
- l_1, l_2, l_3, l_4 - largura da primeira e última fiadas de chapa nas anteparas inclinadas dos tanques de asa superior e inferior, respectivamente.
- $\{\gamma_2\} = \{c_1, c_2, c_3\}$
- c_1 - espaçamento entre anéis gigantes transversais no duplo fundo e no tanque de asa inferior
- c_2 - espaçamento entre cavernas no porão
- c_3 - espaçamento entre anéis gigantes no tanque de

asa superior.

O vetor $\{\delta\}$, corresponde ao grupo dos dados reple-
mentares, e contém as restrições quanto à configuração geomé-
trica da parte corrugada das anteparas transversais.

$$\{\delta\} = \{d_1, d_2, \dots, d_{16}\}$$

d_1, d_2, d_9, d_{10} - valores máximos e mínimos, para a -
largura do corrugo, das anteparas limites de po-
rão e de tanque, respectivamente.

d_3, d_4, d_{11}, d_{12} - valores máximos e mínimos, para a
profundidade do corrugo, das anteparas limites
de porão e de tanque, respectivamente.

d_5, d_6, d_{13}, d_{14} - valores máximos e mínimos, para a .
espessura da chapa da parte corrugada, das ante-
paras limites de porão e de tanque, respectiva-
mente.

d_7, d_8, d_{15}, d_{16} - valores máximos e mínimos, para o
ângulo de corrugo, das anteparas limites de po-
rão e de tanque, respectivamente.

III.3 - DESCRIÇÃO DO MODELO

III.3.1 - Geral.

O modelo adotado destina-se à síntese automatizada
e otimizada da estrutura longitudinal, estrutura transversal,

e estrutura das anteparas transversais, quer sejam limites de porões para carga de granéis sólidos, ou limites de porão para carga de granéis líquidos ou lastro.

Inicialmente, dividimos a estrutura longitudinal em 2 partes: chapas e enrijecedores, sendo estas subdivididas em regiões como indicado nas figuras 13 e 14. Desta forma, cada elemento da estrutura, ou cada conjunto de elementos de mesmos escantilhões e propriedades geométricas em relação à linha neutra da viga navio, pode ser considerado de per si.

O programa de computador, é composto de um programa monitor, um bloco de dados que contém os arquivos de perfis laminados, 13 subrotinas e 6 funções especiais. O quadro 1 a seguir, demonstra a denominação de cada uma das partes do programa e seus graus de dependência das Regras da Sociedade Classificadora.

O diagrama de blocos de programa, e respectivo fluxograma, encontram-se na figura 15.

DEFINIÇÃO DAS REGIÕES EM QUE SE SUBDIVIDIRÁ A ESTRUTURA
LONGITUDINAL - CHAPAS.

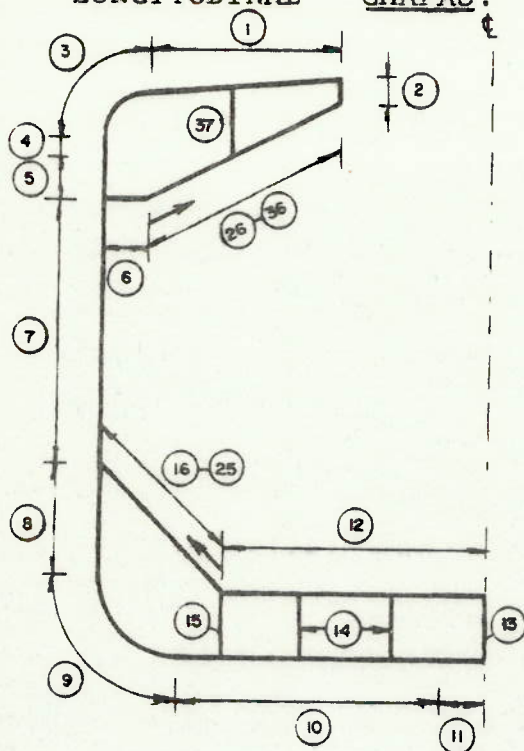


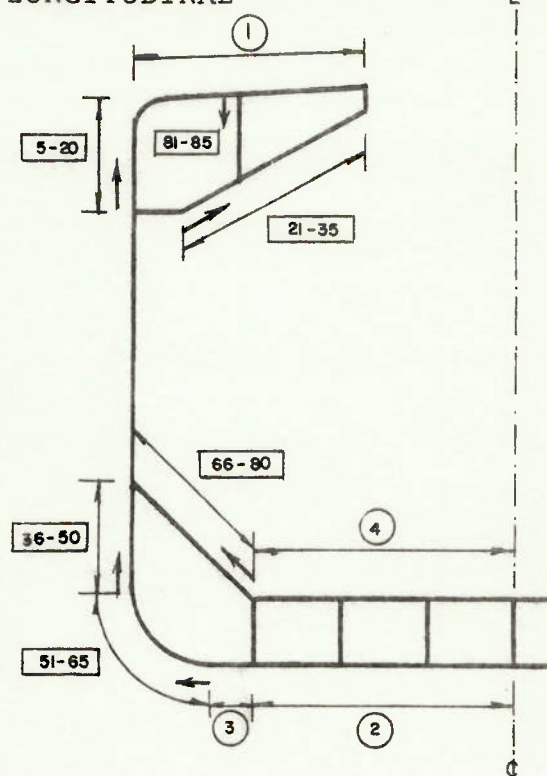
FIGURA 13

- 1.convés
- 2.parte vertical da antepara do tanque de asa superior
- 3.parte curva do cintado
- 4.parte plana do cintado
- 5.costado no tanque de asa superior
- 6.parte horizontal da antepara do tanque de asa superior
- 7.costado - no porão
- 8.costado - no tanque de asa inferior
- 9.bojo
- 10.fundo
- 11.quilha horizontal
- 12.teto do duplo fundo
- 13.quilha vertical
- 14.longarinas não estanques do duplo fundo
- 15.longarinas estanques do duplo - fundo.
- 16-25- parte inclinada da antepara do tanque de asa inferior
- 26-36- parte inclinada da antepara do tanque de asa superior
- 37.antepara diafragma no tanque de asa superior.

OBS.:

- (1) só é considerada meia secção.
- (2) quando o navio possui quilha duto, uma das chapas limites do duto corresponderá à região 13.
- (3) nas anteparas inclinadas dos tanques de asa, cada índice corresponde a uma fiada de chapa, sendo estas, numeradas sequencialmente, na ordem indicada pela seta na figura.

DEFINIÇÃO DAS REGIÕES EM QUE SE SUBDIVIDE A ESTRUTURA LONGITUDINAL -



ENRIJECEDORES

1. convés
2. fundo - dentro do duplo fundo
3. fundo - dentro do tanque de asa inferior
4. teto do duplo fundo
- 5-20 - costado no tanque de asa superior
- 21-35- antepara do tanque de asa superior
- 36-50- costado no tanque de asa inferior
- 51-65- bojo
- 60-80- antepara do tanque de asa inferior
- 81-85- antepara longitudinal do tanque de asa superior.

FIGURA 14

OBS.:

- (1) nas regiões onde existem mais de um enrijecedor (6 a 80), os enrijecedores são considerados na ordem indicada por uma seta na figura acima.

QUADRO 1

TIPO	DENOMINAÇÃO	FUNÇÃO	OBS.
programa monitor	-	ler e imprimir dados e resultados; preparar dados, gerar dados; calcular coeficientes; chamar as subrotinas-ZERO, GAMAI, MOREQ, ESCLON, ESTRAN, ANTEP	pode ser facilmente adaptado para as regras de outra Sociedade Classificadora.
bloco de dados	BLOCK DATA	contém os arquivos com as dimensões nominais e propriedades geométricas dos perfis laminados, e a definição de algumas matrizes auxiliares.	seus arquivos podem ser facilmente ampliados ou alterados.
Subrotina	ZERO	igualar a zero o valor de todos os componentes das matrizes.	necessário - p/o uso do programa em computadores IBM
	GAMAI	gerar os valores ótimos das variáveis do vetor $\{\gamma_1\}$	
	MOREQ	calcular os mínimos módulos de resistência requeridos - pelas Regras, para a viga navio.	depende totalmente das regras da Sociedade Classif.
	WRTPER	auxiliar o programa monitor na impressão das dimensões nominais dos perfis enrijecedores adotados	

QUADRO 1 (continuação)

TIPO	DENOMINAÇÃO	FUNÇÃO	OBS.
Subrotina	ESCLON	calcular os mínimos escantilhões requeridos pelas Regras para a estrutura longitudinal; preparar dados para o cálculo das propriedades geométricas da secção da viga navio; efetuar o processo iterativo para definição final dos escantilhões da estrutura longitudinal; calcular a mínima quantidade de material necessária no convés para completar o módulo de resistência da viga navio; chamar as subrotinas - CMASV, AUPER, CONPER; arredondar espessuras de chapas, ajustar os escantilhões a fim de que a diferença entre os módulos de resistência real e requerido, situe-se dentro da tolerância especificada.	grande parte desta subrotina depende totalmente das regras da Sociedade Classificada, porém, pode ser facilmente atualizada para novas edições das Regras ou alterada para as regras de outra Classificadora.
	CMASV	calcular as propriedades geométricas da secção da viga navio.	
	AUPER	escolher os perfís ótimos para a estrutura longitudinal.	
	CONPER	calcular as dimensões ótimas para os perfís construídos.	

QUADRO 1 (continuação)

TIPO	DENOMINAÇÃO	FUNÇÃO	OBS.
Subrotina	ESTRAM	calcular escantilhões da estrutura transversal; arredondar espessuras das chapas, chamar a subrotina AUTRA.	depende bastante das Regras da Sociedade Classificadora.
	AUTRA	escolher os perfis ótimos para as cavernas.	
	ANTEP	calcular escantilhões das anteparas transversais; chamar a subrotina -BUSCAL; arredondar espessuras das chapas.	depende pouco das regras da Sociedade Classificadora.
	BUSCAL	buscar a configuração ótima para a parte corrugada das anteparas, minimizando seu peso.	método de busca adotado-POWEL c/ penalidades.
	MERITO	calcular o valor da função de mérito (peso da antepara) para a subrotina BUSCAL.	depende totalmente das regras da Sociedade Classificadora.
Função	INTER	verificar se o ponto em estudo está dentro do intervalo de busca - é uma função auxiliar da subrotina BUSCAL.	

QUADRO 1 - (continuação)

TIPO	DENOMINAÇÃO	FUNÇÃO	OBS.
Função	ARPER	estimar a área de secção transversal dos perfis enrijecedores longitudinais, para cálculo das propriedades geométricas da secção da viga navio, durante o processo iterativo de cálculo dos escantilhões.	estimar as áreas com base em análises de regressão.
	ZAR	auxiliar a subrotina ESCLON, no ajuste final dos escantilhões - (ambas)	
	ZNOVO		
	MODUL	calcular os módulos de resistência dos perfis associados às correspondentes chapas colaborantes, e função auxiliar das subrotinas AUPER e AUTRA	
	ESP	arredondar números segundo os padrões estabelecidos.	

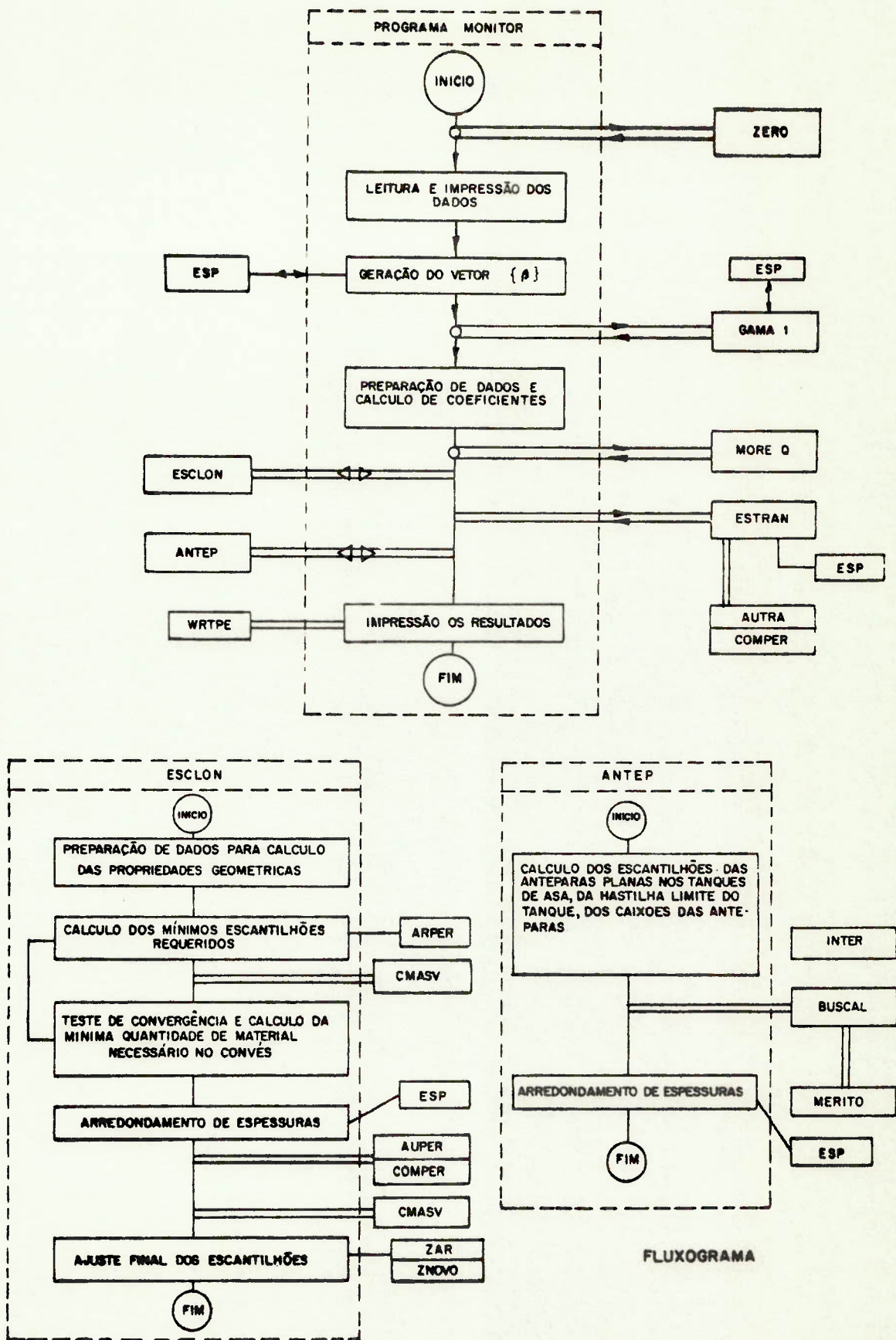


Figura 15

III.3.2 - Modelo matemático da geometria do navio.

Na elaboração do modelo matemático, procuramos sempre, a representação conveniente da geometria básica e mais comum para navios graneleiros, igual àquela indicada na figura 12-a, e que também, abrangesse o maior número possível de variações desta geometria básica, iguais àsquelas indicadas nas figuras 12-b e 12-c e suas combinações.

Os vetores $\{\alpha\}$ e $\{\beta\}$, contêm toda a descrição da geometria do navio, sem se preocupar com sua estrutura; as variáveis destes vetores indicam os contornos da estrutura.

As variáveis do vetor $\{\alpha\}$, que correspondem aos dados gerais ou iniciais como indicado em III.2, contêm as dimensões principais do navio e sua carga. Algumas destas variáveis não precisam ser necessariamente dadas ao programa; são elas:

a_4 - comprimento estrutural, pois, de acordo com as Regras, temos:

$$a_4 = a_2, \text{ mas } 0.96 a_3 < a_4 < 0.97 a_3$$

a_{12} - máximo momento fletor atuante na viga navio em águas tranquilas, pois quando não for dado será calculado com base nas Regras.

a_{13} - deslocamento no calado de projeto, pois:

$$a_{13} = a_2 a_5 a_7 a_8$$

As variáveis do vetor $\{\beta\}$, que correspondem aos dados complementares, e definem o contorno interno da secção, quando não forem dadas ao programa serão por ele geradas com base em análises de regressão. Estas regressões foram feitas com o uso do programa de computador "STEP-WISE MULTIPLE REGRESSION", da biblioteca de programas da IBM, e dados de navios semelhantes, fornecidos pelas Sociedades Classificadoras "Lloyd's Register of Shipping" e "American Bureau of Shipping". Os resultados obtidos são os seguintes:

$$b_1 = 3.6 a_4 + 45.5 a_5 + 46.4 a_6 - 93.7 a_7 + 178.9$$

$$b_2 = 612.2 a_5 + 3375.6$$

$$b_3 = 375.2 a_5 + 2695.8$$

$$b_4 = 0.7854 \text{ rd} = 45^\circ$$

$$b_5 = 0.5236 \text{ rd} = 30^\circ$$

$$b_6 = a_4 - 2.4 a_5 - 4.2 a_6 + 29.3 a_7 - 5.0$$

$$b_7 = 0.3 a_4 + 1953.4 a_6 / a_7 - 2056.7$$

$$b_8 = 600.$$

$$b_9 = 74.8 a_6 - 21.4 a_6 + 1323.3$$

$$b_{10} = 0.$$

$$b_{11} = 100 \cdot a_6$$

$$b_{12} = 70 \cdot a_5$$

$$b_{13} \begin{cases} = 0., p/a_4 < 215 \\ = 0.25 (1000 a_5 - b_3), p/a_4 \geq 215 \end{cases}$$

$$b_{14} = 0.$$

Estas primeiras 14 variáveis de $\{\beta\}$, representam completamente o contorno interno da seção; as demais são função destas e estão incluídas no vetor $\{\beta\}$, por serem de grande utilidade nos cálculos subsequentes. Todas estas variáveis, quando geradas pelo programa, são arredondadas para múltiplos de 10mm por razões práticas, com exceção de b_4 e b_5 .

Quando:

$b_8 = 0$ - a concordância entre o costado e o convés é na forma de canto vivo

$b_{10} = 0$ - não existe a parte horizontal da antepara do tanque de asa superior.

$b_{13} = 0$ - não existe a antepara diafragma no tanque de asa superior

$b_{14} = 0$ - a quilha central é do tipo singela.

As demais variáveis de $\{\beta\}$, são calculadas de acordo com a formulação a seguir:

$$b_{15} = b_1 + \frac{(1000 \cdot a_5 - b_2)}{2} \cdot \text{tg } b_4$$

$$b_{17} = \left[\frac{(1000 \cdot a_5 - b_3)}{2} - b_{10} \right] \text{tg } b_5 + b_7 - b_6$$

$$b_{16} = 1000 \cdot a_6 - b_{15} - b_{17}$$

$$b_{18} = \sqrt{\left(\frac{1000a_5 - b_3}{2}\right)^2 - b_6^2} - b_8$$

$$b_{19} = \left[\frac{(1000 \cdot a_5 - b_3)}{2} - b_{10} \right] \sec b_5$$

$$b_{20} = \frac{(1000 \cdot a_5 - b_2)}{2} \cdot \sec b_4$$

As variáveis de $\{\gamma\}$, dados suplementares, quando não fornecidas ao programa, são por ele geradas, da seguinte maneira:

$$\{\gamma\} = \{ \{\gamma_1\} \{\gamma_2\} \}$$

$$\{\gamma_2\} = \{c_1, c_2, c_3\}$$

$$c_1 = 1700.$$

$$c_2 = 850.$$

$$c_3 = 3400.$$

As variáveis de $\{\gamma_1\}$, são geradas com base nos resultados do anexo A. O posicionamento dos enrigecedores é feito procurando-se sempre adotar um espaçamento o mais próximo possível do "ideal", sendo, este, aquele que leva a um mínimo peso do painel (chapeamento mais enrigecedores), conforme -

anexo A. Por razões práticas, os espaçamentos entre enrijece-
dores, em milímetros, serão sempre múltiplos de 5, no duplo
fundo e na antepara inclinada do tanque de asa superior, e
múltiplos de 10 nas demais partes do navio. O número e posi-
ção das quilhas laterais no duplo fundo, é definido de tal for-
ma que o menor número possível de quilhas laterais, cuja po-
sição será coincidente com a de um enrijecedor do duplo fun-
do, atenda aos requisitos de espaçamento máximo especificado
nas Regras:

$$s \begin{cases} = 3700, p/\text{navio cujo menor fator de estiva da} \\ \text{carga é maior que } 1 \text{ m}^3/\text{t} \\ \\ = 1400 + 5.555 \text{ (maior valor entre } a_5 \text{ e } 215), p/\text{na} \\ \text{vios cujo menor fator de estiva da car} \\ \text{ga é menor ou igual a } 1 \text{ m}^3/\text{t}. \end{cases}$$

onde s = espaçamento máximo entre quilhas late-
rais, no duplo fundo, requerido pelas -
regras.

A definição do número e posicionamento das fiadas -
de chapas nas anteparas inclinadas dos tanques de asa segue
os seguintes critérios:

tanque de asa inferior - a primeira fiada, mais próxima -
da linha de centro, terá largura igual à metade
da largura padrão. As demais terão largura igual
à largura padrão. Quando a última fiada tiver -

largura inferior à metade da largura padrão, esta será incorporada à primeira fiada.

tanque de asa superior - os critérios são os mesmos que os do tanque de asa inferior, porém a fiada de chapa que terá sempre sua largura igual à metade da largura padrão, inicialmente, será a última fiada, mais próxima da linha de centro.

As variáveis do vetor $\{\delta\}$, dados suplementares, - que correspondem às restrições quanto às configurações geométricas das anteparas transversais, deverão, sempre, ser fornecidas ao programa, quando for solicitada a síntese da estrutura das anteparas.

III.3.3 - Cálculo dos escantilhões da estrutura longitudinal

III.3.3.1 - Cálculo dos mínimos módulos de resistência requeridos para a viga navio.

O cálculo dos mínimos módulos de resistência requeridos para a viga navio pelas Regras, só será efetuado, - quando estes não forem especificados pelo usuário.

A formulação utilizada para estes cálculos é a que se apresenta a seguir:

$$\sigma_s \begin{cases} = 6.4 \text{ kgf/mm}^2, & \text{p/navios do tipo 1} \\ = 8.15 \text{ kgf/mm}^2, & \text{p/navios do tipo 2} \end{cases}$$

$$\sigma_w = 10.0 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_c = \sigma_s + \sigma_w$$

onde: $\sigma_s, \sigma_w, \sigma_c$ - são as tensões primárias das Regras, para águas tranqüilas, tensões devida à onda - apenas, e tensões combinadas, respectivamente.

navios Tipo 1 - navios para os quais o menor fator de estiva da carga é superior a $1 \text{ m}^3/\text{t}$

navios Tipo 2 - navios para os quais o menor fator de estiva da carga é menor que $1 \text{ m}^3/\text{t}$.

$$Z_1 = C_1 a_4^2 a_5 (a_8 + 0.7)$$

$$M_w = \sigma_w C_1 a_4^2 (a_8 + 0.7) 10^3$$

$$Z_2 = \left(\frac{M_w + a_{12}}{\sigma_c} \right) 10^3$$

Quando $a_{12} > 0.8 M_w$ para navios do Tipo 1 ou $1.0 M_w$ para navios do Tipo 2, calcula-se também:

$$Z_3 = \begin{cases} = \left[\frac{2}{3\sigma_s} (a_{12} - 0.8M_w) + \frac{1.8M_w}{\sigma_c} \right] \times 10^3, & \text{p/navios do Tipo 1} \\ = \left[\frac{2}{3\sigma_s} (a_{12} - M_w) + \frac{2 M_w}{\sigma_c} \right] \times 10^3, & \text{p/navios do Tipo 2} \end{cases}$$

$a_{19} = a_{20} = \text{o maior valor entre } (Z_1, Z_2, Z_3)$

onde: M_w = momento fletor na viga navio devido a onda apenas.

C_1 = coef. definido na tabela 2.

comprimento (m)	C_1
90	7.840
100	8.040
125	8.473
150	8.913
entre 150 e 300	$= 10.75 - \left(\frac{300 - a_4}{100} \right) 1.5$
entre 300 e 350	10.75
375	10.69
400	10.63

valores intermediários de C_1 , devem ser obtidos por interpolação linear.

Tabela 2

Nota: quando o valor de a_{12} não é dado ao programa, os valores de a_{19} e a_{20} serão iguais a Z_1 .

Quando adota-se aço de alta resistência no convés - ou no convés e no fundo do navio, é feita a seguinte correção nos valores dos módulos de resistência calculados:

a) quando é empregado aço de alta resistência no convés e no fundo temos:

$$K_c = \frac{25}{a_{14}}, \text{ para } a_{14} \text{ em kgf/mm}^2, \text{ mas } K_c \text{ deve ser sempre maior que } 0.725$$

$$K_f = \frac{25}{a_{15}}, \text{ para } a_{15} \text{ em kgf/mm}^2, \text{ mas } K_f \text{ deve ser sempre maior que } 0.725$$

$$C_2 = \text{o maior valor entre } (K_c, 0.059 a_4/a_6)$$

$$a_{19} = C_2 \cdot a_{19}$$

$$C_3 = \text{o maior valor entre } (K_f, 0.059 a_4/a_6)$$

$$a_{20} = C_3 \cdot a_{19}$$

É neste caso requerido que seja de aço de alta resistência, todo o material situado pelo menos a uma distância - do convés ao lado, ou do fundo, igual a: $(1 - K_c)y_c$ ou $(1 - 0.059a_4/a_6)y_c$ para o convés; $(1 - K_f)y_f$ ou $(1 - 0.059a_4/a_6)y_f$ para o fundo adotando-se o maior valor, onde y_c e y_f cor-

respondem à distância entre o convés ao lado e o fundo, respectivamente e a linha neutra da secção da viga navio.

b) quando é empregado aço de alta resistência apenas no convés, temos:

$$K_c = \frac{25}{a_{14}}, \text{ p/a}_{14} \text{ em kgf/mm}^2, \text{ mas } K_c \text{ deve ser sempre maior que } 0.725$$

$$C_2 = \text{o maior valor entre } (K_c, \frac{0.059 a_4/a_6}{2-0.059 a_4/a_6})$$

$$a_{19} = C_2 \cdot a_{19}$$

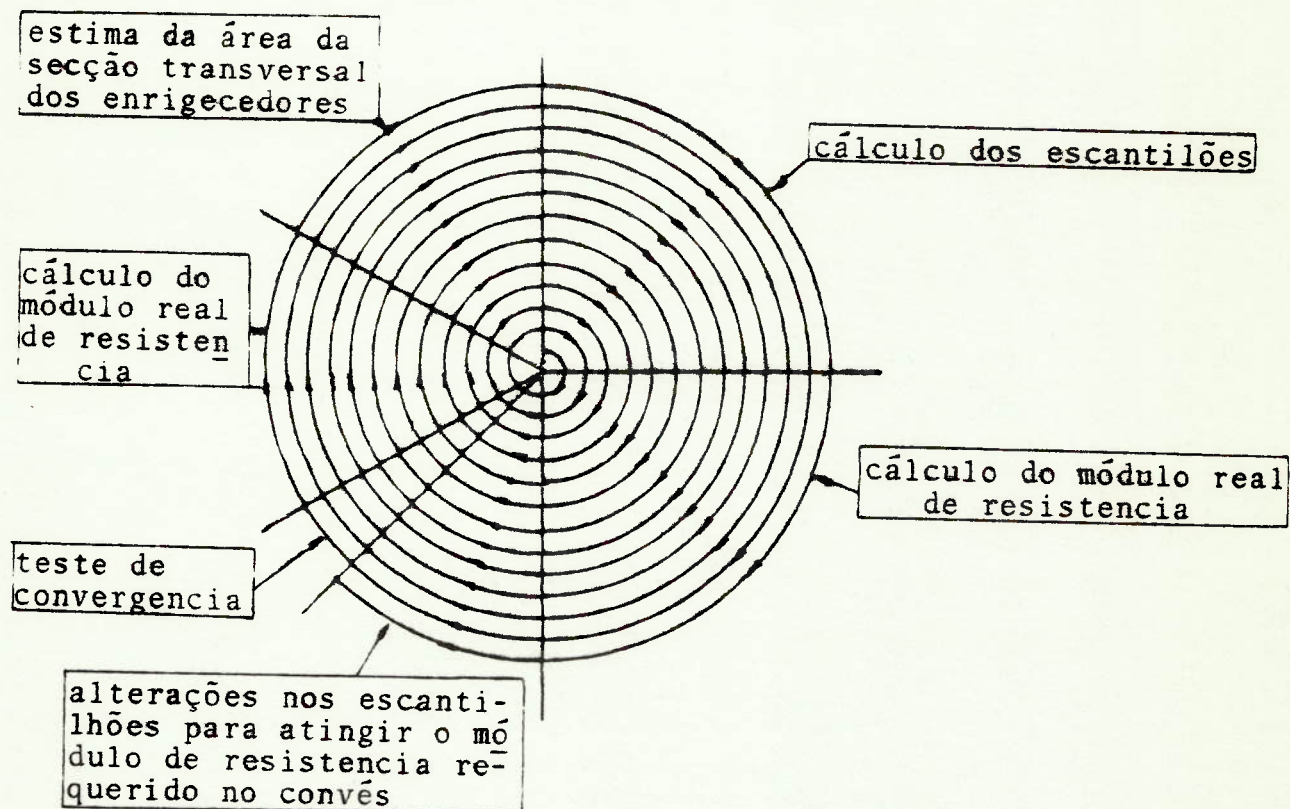
Neste outro caso, é requerido que seja de aço de alta resistência todo o material situado pelo menos a uma distância do convés ao lado igual a: $(1-K_c)y_c$ ou

$$\left[1 - \left(\frac{0.059 a_4/a_6}{2-0.059 a_4/a_6} \right) \right] y_c, \text{ adotando-se o maior valor, onde } y_c \text{ corresponde à distância entre o convés ao lado e a linha neutra da secção da viga navio.}$$

III.3.3.2 - Cálculo dos escantilhões da estrutura longitudinal.

O modelo de síntese adotado, calcula os escantilhões da estrutura longitudinal, com base nas Regras, segundo a espiral de projeto indicada na figura 15. Como vemos, esta espiral de projeto corresponde às etapas b, c, d, e e f do processo

de síntese, discutido no ítem II.2.



* no 1º ciclo, o coeficiente F_B é admitido igual a 0.8.

FIGURA 15

A formulação adotada para o cálculo dos escantilhões é:

a) cálculo da espessura da chapa do convés, do cintado e da parte vertical da antepara do Tanque de asa superior.

$s =$ o maior valor entre $(s_2, s_5, 470 + L_1/0.6)$

onde $L_1 = a_4$, mas L_1 deve ser sempre menor que 190 m.

$$t_1 = \begin{cases} = \frac{s}{1000} (7+a_4/17) 1/\sqrt{K_c}, & p/a_4 \leq 190\text{m} \\ = \frac{s}{55\sqrt{K_c}}, & p/a_4 > 190\text{ m} \end{cases}$$

$$t_2 = \frac{s}{1200} \sqrt{a_4 K_c} + 2.5$$

espessura da chapa = o maior valor entre (t_1, t_2)

nota: a espessura das chapas do convés do cintado e da parte vertical da antepara do tanque de asa superior, será sempre igual. Este valor corresponde ao mínimo admitido pelas Regras, pois será aumentado a fim de completar o módulo da resistência da viga navio.

b) cálculo da espessura da chapa do costado no tanque de asa superior

$$s = \text{o maior valor entre } (s_8, 470+L_2/0.6)$$

onde $L_2 = a_4$, mas L_2 deve ser sempre menor que 250 m.

$$K = \frac{25}{a_{16}}, \text{ } p/a_{16} \text{ em kgf/mm}^2, \text{ mas } K \text{ deve ser sempre maior que } 0.725$$

$$t_1 = \frac{s}{1000} \left(10 + \frac{L_1}{23} \right) \frac{1}{\sqrt{K}}$$

$$t_2 = 0.0063 s \sqrt{a_7 K}$$

$$t_3 = 0.7778 t_2$$

$$t_4 = \begin{cases} = \frac{s}{1000} \left(7 + \frac{a_4}{17}\right) 1/\sqrt{K}, & p/a_4 \leq 190 \text{ m} \\ = \frac{s}{55\sqrt{K}}, & p/a_4 > 190 \text{ m} \end{cases}$$

$$t_5 = \begin{cases} = 0, & p/a_4 \leq 190 \text{ m} \\ = t_4, & p/a_4 > 190 \text{ m} \end{cases}$$

$$t_6 = \text{o maior valor entre } (t_3, t_4)$$

$$t_7 = \text{o maior valor entre } (t_1, t_2, t_5)$$

$$\text{espessura da chapa} = \text{o menor valor entre } (t_6, t_7)$$

nota: se a espessura calculada para a chapa desta região for menor que a espessura da chapa do costado no porão, ou se a largura do costado nesta região ($b_{17}-b_{11}$) for menor que a metade da largura padrão de chapas, a espessura final será igual à espessura da chapa na região do costado no porão.

c) cálculo da espessura da chapa do costado no tanque de asa inferior

$s = \text{o maior valor entre } (s_{17}, 470 + L_2/0.6)$

$$F_B = \frac{\text{(m\u00f3dulo de resist\u00eancia da viga navio real no fundo)}}{\text{(m\u00f3dulo de resist\u00eancia requerido para o fundo)}}$$

$$t_1 = \frac{s}{1000} \left(10 + \frac{L_1}{23}\right) \sqrt{\frac{F_B}{K}}$$

$$t_2 = 0.0063 s \sqrt{\frac{a_7 K}{2 - F_B}}$$

$$t_3 = 0.9365 t_2$$

$$t_4 = \begin{cases} = \frac{s}{1000} \left(7 + \frac{a_4}{17}\right) 1/\sqrt{K}, & p/a_4 \leq 190 \text{ m} \\ = \frac{s}{55\sqrt{K}}, & p/a_4 > 190 \text{ m}. \end{cases}$$

$$t_5 = \begin{cases} = 0, & p/a_4 \leq 190 \text{ m} \\ = t_4, & p/a_4 > 190 \text{ m} \end{cases}$$

$t_6 = \text{o maior valor entre } (t_3, t_4)$

$t_7 = \text{o maior valor entre } (t_1, t_2, t_5)$

espessura da chapa = o menor valor entre (t_6, t_7)

d) cálculo da espessura da chapa do costado no porão

$$s = \text{o maior valor entre } (c_2, 470 + L_2/0.6)$$

$$t_1 = \frac{s}{1000(1 + \frac{s}{b_{16}})^2} (16.7 + L_1/17.8) \cdot 1/\sqrt{K_F}$$

$$t_2 = 0.0078 s \sqrt{a_7 K_F}$$

$$t_3 = 0.7564 t_2$$

$$t_4 = \begin{cases} = \frac{s}{1000} (7 - a_4/17) 1/\sqrt{K_F}, & p/a_4 \leq 190 \text{ m} \\ = \frac{s}{55\sqrt{K_F}}, & p/a_4 > 190 \text{ m} \end{cases}$$

$$t_5 = \begin{cases} = 0, & p/a_4 \leq 190 \text{ m} \\ = 1.375 t_4, & p/a_4 > 190 \text{ m} \end{cases}$$

$$t_6 = \text{o maior valor entre } (t_3, t_4)$$

$$t_7 = \text{o maior valor entre } (t_1, t_2, t_5)$$

$$\text{espessura da chapa} = \text{o menor valor entre } (t_6, t_7)$$

e) cálculo da espessura da chapa do fundo e do bojo

$$s = \text{o maior valor entre } (s_{23}, s_{28}, 470 + L_2/0.6)$$

$$t_1 = \frac{s}{1000} (10 + L_1/23) \sqrt{\frac{F_B}{K}}$$

$$t_2 = 0.0063 s \sqrt{\frac{a_7 K}{2 - F_B}}$$

$$t_3 = \begin{cases} = 0, & p/L \leq 190 \text{ m} \\ = \frac{s}{55\sqrt{K}}, & p/L > 190 \text{ m} \end{cases}$$

espessura da chapa = o maior valor entre (t_1, t_2, t_3)

nota: a espessura das chapas do fundo e do bojo são sempre iguais.

f) cálculo da espessura da chapa quilha horizontal

$$\text{espessura da chapa} = (6 + L_1/10) \sqrt{K_F}$$

nota: a espessura da chapa quilha horizontal será sempre maior ou igual à espessura da chapa do fundo.

g) cálculo da espessura da chapa do teto do duplo - fundo.

$$t_1 = 0.00136 (s_{42} + 660) \sqrt[4]{a_4 a_7 K} + 5$$

$$t_2 = \begin{cases} = \frac{s \sqrt{9.81 a_{18} h K}}{690} , & \text{p/navios do Tipo 1} \\ = 0 , & \text{p/navios do Tipo 2.} \end{cases}$$

h = distância do teto do duplo fundo ao convés ao -
centro.

espessura da chapa = o maior valor entre (t_1, t_2)

h) cálculo da espessura da chapa da quilha vertical,
ou das anteparas limites da quilha duto.

$$\alpha = 1000 a_{17}/b_2 , \text{ mas: } 0.5 < \alpha < 1.5$$

$$\alpha_c = 1.15 - 0.275 K_1$$

$$K_1 = \frac{p^3}{p^3 + 305 q^2 \alpha}$$

p = perímetro de uma secção transversal do tanque
de asa inferior.

q = altura mínima para o duplo fundo, requerida -
pelas Regras

= o maior valor entre (q_1, q_2, q_3)

$$q_1 = \frac{1000 a_5}{36} + 20.5 \sqrt{a_7}$$

$$q_2 = c a_{18} b_2^2 \left[0.054\alpha - K_1 (0.0349\alpha - 0.0134) - \delta/100 \right]$$

$$q_3 = \frac{9.07 a_{18} b_2^2 K_1}{t} \left(\frac{0.0892 \alpha^3}{0.283 + \alpha^3} \right)$$

$$c = \begin{cases} = 89, & p/\alpha \geq \alpha_c \\ = 114.5, & p/\alpha < \alpha_c \end{cases}$$

$$\delta = \begin{cases} = 0, & p/\alpha \geq \alpha_c \\ = 5.55 K_1 (\alpha - 0.6)^2 + 5.63 (\alpha - 0.7)^2 (1 - K_1), & p/\alpha < \alpha_c \end{cases}$$

nota: para determinar o valor de q, necessita-se de um processo iterativo, sendo adotado no 1º ciclo o valor de q igual a q₁ e, nos ciclos subsequentes, o último valor obtido de q. Este processo converge sempre.

$$\text{espessura da chapa} = (0.008 q + 4) \sqrt{K_F}$$

nota: i) quando o navio é do Tipo 2, o valor de q é igual q₁, não sendo portanto, necessário calcular os valores dos coeficientes α , α_c , K_1 , etc., e também o processo iterativo para o cálculo de q.

ii) quando a quilha for do tipo quilha duto, a espessura das anteparas limites será igual ao valor acima obtido acrescido de 1 mm.

i) cálculo da espessura da chapa das quilhas laterais.

$$t_1 = (0.0075q + 1) \sqrt{K_F}$$

$$t_2 = \begin{cases} = \left[(0.0907 S w b_2 K_3) / b_1 \right] \sqrt{K_F}, & \text{p/navios do Tipo 1} \\ = 0, & \text{p/navios do Tipo 2} \end{cases}$$

onde: S = o maior valor entre ($s_{30}, s_{31}, \dots, s_{39}$)

w = o maior valor entre ($10a_7, 9.81a_{18} h - 6.67 a_7$)

h = distância do teto do duplo fundo até o convés ao centro

$$K_3 = \begin{cases} = 0.192\alpha + 0.148 - K_1(0.192\alpha - 0.092), & \text{p}/0.5 < \alpha \leq 1.0 \\ = 0.04\alpha + 0.30 - K_1(0.04\alpha + 0.06), & \text{p}/1.0 < \alpha < 1.5 \end{cases}$$

espessura da chapa = o maior valor entre (t_1, t_2)

notas: i) as quilhas laterais limites de tanque devem ter a espessura igual ao valor acima obtido acrescido de 1 mm, e o modelo admite sempre que existe uma quilha lateral limite de tanque em cada bordo do navio.

ii) a área de secção transversal das quilhas laterais comuns, para o cálculo das propriedades geométricas da secção, será igual a 0.29 (espessura x altura do duplo fundo).

iii) para os navios do Tipo 1, as quilhas laterais no meio do porão, no sentido longitudinal, - não poderão ter furos de alívio.

j) cálculo da espessura da chapa da antepara do tanque de asa inferior.

$$t_1 = 0.00136(s_{26} + 660)^4 \sqrt{a_4 a_7 K}$$

$$t_2 = \begin{cases} = \frac{s_{26} \sqrt{9.8 a_{18} h K}}{690}, & \text{p/navios do Tipo 1} \\ = 0, & \text{p/navios do Tipo 2.} \end{cases}$$

$$t_3 = \alpha(0.004 s_{26} \sqrt{h_2} + 3.5)$$

onde: h = distância de um ponto 1/3 acima do bordo inferior da chapa ao topo do tanque, na mesma vertical.

h_2 = distância de um ponto 1/3 acima do bordo inferior da chapa ao convés ao centro.

$$\alpha = \begin{cases} = 1.1 - s_{26}/2500 c_1, & \text{p/ } \frac{1000 c_1}{s_{26}} \leq 4 \\ = 0, & \text{p/ } \frac{1000 c_1}{s_{26}} > 4 \end{cases}$$

espessura da chapa = o maior valor entre (t_1, t_2, t_3)

notas: i) é calculada a espessura da chapa para cada fiada que compõe a antepara.

ii) a espessura da 1^a fiada da chapa da antepara, - aquela mais próxima da linha de centro do navio, será igual à espessura da chapa do teto do duplo fundo.

k) cálculo da espessura da chapa das partes horizontal e inclinada da antepara do tanque de - asa superior

$s =$ o maior valor entre (s_{11}, s_{14})

$$t_1 = \alpha(0.004 s \sqrt{h_2} + 2.5)$$

$$t_2 = \frac{s}{85}$$

$$\text{onde: } \alpha = \begin{cases} = 1,1 \cdot s/2500 c_3, p/ \frac{1000 c_3}{s} \leq 4 \\ = 1, p/ \frac{1000 c_3}{s} > 4 \end{cases}$$

$h_2 =$ distância de um ponto 1/3 acima do bordo inferior da chapa ao topo do tanque, ou metade da distância ao topo do suspiro do tanque, ou metade da largura do tanque, adotando o maior valor.

espessura da chapa = o maior valor entre(t_1, t_2)

- notas: i) é calculada a espessura da chapa para cada fiada que compõe a antepara
- ii) a espessura da última fiada de chapa do tanque, aquela mais próxima da linha de centro do navio, será igual à média entre as espessuras das chapas, a imediatamente anterior a ela (penúltima fiada), e a imediatamente posterior (parte vertical da antepara do tanque de asa superior).
- iii) a parte horizontal da antepara do tanque de asa superior, quando existir, terá espessura igual à primeira fiada de chapa da antepara inclinada do tanque (aquela mais próxima do costado).

- 1) cálculo da espessura da chapa da antepara diafragma do tanque de asa superior.

$$t_1 = 15$$

$$t_2 = 0.00775 s_{40}$$

espessura da chapa = o maior valor entre(t_1, t_2)

- notas: i) este cálculo só será feito quando esta antepara existir.
- ii) para o cálculo das propriedades geométricas da secção será considerada a existência de furos -

de alívio de largura total igual a 1200 mm.

- m) cálculo do módulo de resistência dos enrijece-
res do convés.

$$\text{módulo} = \frac{0.12826 s_2 c_3^2 L_1}{864 - L_1}$$

- n) cálculo do módulo de resistência dos enrijece-
dores do fundo.

$$\text{módulo} = \frac{10.5894 s_{28} c_1^2 d}{2550 - 1640 F_B}$$

onde: $d = a_7$, mas $0.6 a_6 < d < 0.8 a_6$

- o) cálculo do módulo de resistência dos enrijece-
dores do teto do duplo fundo.

$$C_1 = \frac{910}{2550 - 1640 F_B}$$

$$C_2 = 1 - \frac{(a_6/2 - b_1)(1 - C_1)}{a_6/2}$$

$$\text{módulo} = \begin{cases} = \frac{s_{42} C_1^2 a_{18} h}{123.6(1 - 0.233 y_1/a_6)} , \text{p/navios do Tipo 1} \\ = 0.01 s_{42} C_1^2 d C_2 , \text{p/navios do Tipo 2} \end{cases}$$

onde: h = distância do teto do duplo fundo ao convés ao centro.

y_1 = distância do teto do duplo fundo ao meio pontal

$d = a_7$, mas $0.6 a_6 < d < 0.8 a_6$

p) cálculo do módulo de resistência dos enrigecedores do costado no tanque de asa inferior e do bojo.

$$\text{módulo} = 0.0106 s_{17} c_1^2 C_3$$

onde:
$$C_3 = \frac{h_1 a_6}{1.42 a_6 - 0.3 h} C_2$$

onde: C_2 - veja item o

h = distância do enrigecedor considerado ao convés ao lado

$$h_1 = \frac{12.1 L_1}{864 - L_1}, \text{ mas } h_1 \text{ deve ser menor que } 1.11d$$

$$d = a_7, \text{ mas } 0.6 a_6 < d < 0.8 a_6$$

notas: i) é calculado o módulo de resistência para cada enrigecedor desta região.

ii) os enrigecedores do bojo terão seus módulos de resistência, graduados entre os módulos dos enri

gecedores do fundo e o 1º enrijeecedor do costado (mais próximo do bojo)

q) cálculo do módulo de resistência dos enrijeecedores da antepara inclinada do tanque de asa inferior.

$$\text{módulo} = \begin{cases} = \frac{s_{26} c_1^2 a_{18} h}{123.6(1-0.233 y_1/a_6)} C_2, & \text{p/navios do Tipo 1} \\ = \frac{x}{100} 0.01177 s_{26}^d C_2, & \text{p/navios do Tipo 2} \end{cases}$$

onde: h = distância na vertical do longitudinal considerado ao topo do tanque.

y_1 = distância do longitudinal considerado ao meio pontal do navio.

C_2 = veja item o

$d = a_7$, mas $0.6 a_6 < d < 0.8 a_6$

nota: é calculado o módulo de resistência para cada enrijeecedor desta região.

r) cálculo do módulo de resistência dos enrijeecedores da antepara inclinada do tanque de asa superior.

$$\text{m\u00f3dulo} = \frac{h_1 s_{11} c_3^2}{100}$$

onde: h_1 = a dist\u00e2ncia do enrigecedor considerado \u00e0 linha correspondente \u00e0 intersec\u00e7\u00e3o do plano do conv\u00eas e do costado; ou \u00e0 dist\u00e2ncia do plano da antepara \u00e0 esta linha, adotando o maior - valor.

nota: \u00e9 calculado o m\u00f3dulo de resist\u00eancia para cada enrigecedor desta regi\u00e3o.

s) c\u00e1lculo do m\u00f3dulo de resist\u00eancia dos enrigecedores do costado no tanque de asa superior.

$$z_1 = \frac{0.0106 s_8 c_3^2 h_1 a_6}{a_6 + 0.54 h}$$

$$z_2 = z_3 s_8 / s_{21}$$

onde: $h_1 = \frac{12.1 L_1}{864 - L_1}$

h = dist\u00e2ncia do enrigecedor considerado ao conv\u00eas ao lado.

z_3 = m\u00f3dulo de resist\u00eancia do primeiro enrigecedor

da antepara inclinada do tanque de asa superior
(mais próximo ao costado)

módulo = o maior valor entre (z_1, z_2)

nota: é calculado o módulo de resistência para cada enri-
gecedor desta região

t) cálculo do módulo de resistência dos enri-
gecedores da antepara diafragma do tanque de asa superior.

$$\text{módulo} = \frac{0.3785 s_{40} c_3^2 (b_{18} + b_8)}{a_4}$$

notas: i) estes cálculos só serão feitos quando existir a
antepara

ii) todos os enri-gecedores desta antepara são iguais.

u) notas finais.

i) como num todo a formulação para a determinação -
dos escantilhões é função do coeficiente F_B , os
cálculos que independem de F_B foram agrupados e
não integram o processo iterativo citado no iní-
cio deste item, a fim de poupar tempo de computa-
ção.

ii) a nomenclatura aqui adotada, corresponde à nomenclatura dos vetores $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$ e $\{\gamma\}$, indicada no item III.2 e quando uma variável não é definida em um determinado sub-item, sua definição é igual àquela que aparece nos itens anteriores.

III.3.3.3 - Cálculo das propriedades geométricas da secção.

O cálculo das propriedades geométricas da secção da viga navio é feita da forma tradicional, ou seja, calculando-se os momentos estáticos e momentos de inércia próprios mais de transferência com relação à linha de base do navio, e depois, determinando-se a posição da linha neutra, tem-se as propriedades geométricas da secção em relação à linha neutra (momento de inércia e módulos de resistência).

Durante o processo iterativo citado no início do item III.3.3.2, a área de secção transversal dos enrijecedores da estrutura é estimada segundo a formulação abaixo; nota-se - que quando é feito o cálculo final das propriedades, depois do arredondamento de espessuras e escolha de perfis esta formulação é ignorada.

$$x_1 = \text{o maior valor entre } (600, 40t)$$

$$x_2 = \text{o menor valor entre } (x_1, s)$$

$$x_3 = 0.0001 t x_2$$

$$x_4 = 0.072777 x_2 + 0.8151$$

$$x_5 = 0.003713 x_2^3 + 0.02068 x_2^2 + 0.02717 x_2 + 0.6546$$

$$\text{área do enrigecedor} = x_4 z^{x_5}$$

onde: t = espessura da chapa colaborante

s = espaçamento entre enrigecedores na região

z = módulo de resistência dos enrigecedores.

Ainda quanto ao cálculo da área de secção transversal dos diversos elementos da estrutura, veja as notas ii) do sub-item i) do item III.3.3.2, e, ii) do sub-item l) do item III.3.3.2.

Como o cálculo das propriedades geométricas da secção é feito em diversas fases do processo de determinação dos es cantilhões, em cada fase são recalculadas as propriedades de cada item, apenas para aqueles que não tiveram suas propriedades calculadas até aquele ponto, ou então, tiveram seus es cantilhões alterados na fase anterior .

III.3.3.4 - Cálculo do material necessário no convés para -
completar o módulo de resistência da viga navio.

O cálculo do material necessário no convés para com-

pletar o módulo de resistência da viga navio, é feito segundo o método desenvolvido por Aldwinckle (6).

Dadas as características geométricas dos navios graneleiros aqui considerados, os módulos de resistência resultantes em uma secção onde todos os escantilhões foram obtidos através da formulação apresentada em III.3.3.2, serão, sempre ; módulo real obtido no convés, menor que o mínimo requerido; módulo real obtido no fundo, maior que o mínimo requerido. E ainda, a linha neutra da secção situar-se-á, sempre, abaixo do meio pontal. Assim sendo, a posição ideal da secção na qual se deve acrescentar material a fim de atender aos requisitos de mínimo módulo é o mais longe possível da linha neutra, ou seja, no convés, tendendo, assim, obter-se módulos de resistência iguais no convés e no fundo, quando a linha neutra estaria posicionada exatamente a meio pontal. Como nos navios graneleiros, mesmo a secção final ainda possui a linha neutra abaixo do meio pontal, é bastante lógico se afirmar, que a quantidade mínima de material necessário a acrescentar à secção, para atender ao requisito de mínimo módulo de resistência no convés, é aquela obtida segundo a formulação de Aldwinckle, sendo este material adicionado no convés.

Na prática, a fim de não se obter espessuras de chapas exageradamente grandes no convés, e também, para suavizar as diferenças de espessura entre as diversas partes da

estrutura, os longitudinais do convés são sempre do tipo barra chata e o material é adicionado, uniformemente, na chapa e longitudinais do convés, e nas chapas do cintado e parte vertical da antepara do tanque de asa superior.

A seguir, apresentamos o resultado final da formulação de Aldwinckle:

a = área atual de secção transversal dos elementos -
que serão alterados

y = distância do centro de gravidade dos elementos -
que serão alterados no convés, à linha de base

i = momento de inércia dos elementos que serão alterados no convés, em relação a um eixo paralelo à linha de base, passando pelo centro de gravidade destes elementos.

A = área de secção transversal dos elementos que não serão alterados

M_1 = momento estático com relação à linha de base - dos elementos que não serão alterados.

I_1 = momento de inércia em relação à linha de base - dos elementos que não serão alterados.

Z = módulo de resistência requerido no convés

$$C_1 = i/a$$

$$C_2 = I_1 + A(i+y^2) - 2.M_1 y + Z(y-a_6/2)$$

$$C_3 = M_1^2 - A I_1 + Z\left(\frac{a_6 A}{2} - M_1\right)$$

$$\text{área total necessária} = \frac{-C_2 + \sqrt{C_2^2 - 4 C_1 C_2}}{2 C_1}$$

III.3.3.5 - Ajuste final dos escantilhões.

A finalidade deste ajuste final dos escantilhões é fazer com que o módulo de resistência final da estrutura seja maior ou igual ao módulo requerido, e menor que o módulo requerido mais 1% de seu valor.

O ajuste é feito em duas etapas. Na primeira, são ajustadas as espessuras das chapas do convés, alterando seus valores, segundo incrementos que coincidam com espessuras de chapas disponíveis. Caso não se obtenha convergência, na segunda etapa são alterados os escantilhões (espessura da chapa e altura do perfil) dos longitudinais do convés.

A formulação utilizada neste ajuste é a que apresentamos a seguir:

- y = distância do centro de gravidade dos elementos a serem alteradas com relação às linhas de base
- A = área atual de secção transversal da estrutura.
- I = momento de inércia atual da secção em relação à linha neutra
- X = posição atual da linha neutra da secção em rela

ção à linha de base

Z_C = módulo de resistência atual da secção, no convés

Z_F = módulo de resistência atual da secção, no fundo

D = pontal.

OBS.: os mesmos símbolos indicados com ' , correspondem à propriedades da secção depois das alterações.

$$a = \text{área de material necessária} = \frac{A[I+Z(X-D)]}{Z(D-y)-I-A(y-X)^2}$$

a' = área real de material adicionado ou retirado

$$A' = A + a'$$

$$M' = A X + a'y$$

$$x' = M'/A'$$

$$I' = I + A X^2 + a'y^2 - x'^2 A'$$

$$Z'_C = I'/(D-x')$$

$$Z'_F = I'/x'$$

III.4 - Cálculo dos escantilhões da estrutura transversal.

A formulação apresentada pelas Sociedades Classificadoras para o cálculo dos escantilhões mínimos requeridos - para a estrutura transversal dentro dos tanques de asa de navios graneleiros, produz resultados insatisfatórios. Isto -

porque, ao compararmos os escantilhões assim obtidos com aqueles existentes em navios construídos e provados em operação, verificamos serem os escantilhões obtidos, segundo as Regras, bastante inferiores aos dos navios. Portanto, a síntese da estrutura transversal dentro dos tanques de asa não deve ser feita através das Regras, mas sim, por meio de critérios tais, que conduzam a resultados próximos daqueles observados nos navios construídos e provados em operação.

Assim sendo, desenvolvemos uma formulação para a síntese da estrutura transversal nos tanques de asa, com base na estrutura existente de uma série de navios, dos quais dispúnhamos de dados suficientes. Esta formulação assim obtida, possui uma série de limitações: a estrutura que foi objeto de síntese, certamente estará super-dimensionada; a amostra de navios que utilizamos não foi suficientemente grande (11 navios); não foram feitas análises da estrutura assim obtida, a fim de avaliar melhor quão super-dimensionada ela é; algumas variáveis que consideramos importantes no dimensionamento desta parte da estrutura, tais como, espaçamento entre os elementos transversais e carregamentos, foram totalmente ignoradas. Por outro lado, os resultados obtidos, se comparados com navios provados em operação, são muito satisfatórios, tendo sido comparados inclusive com outros navios que não aqueles considerados na elaboração da formulação. Mesmo assim, o aperfeiçoamento desta formulação, deve necessariamente ser incluído

como um dos itens nas sugestões para futuras pesquisas nesta área.

O modelo de síntese adotado para a estrutura transversal nos tanques de asa inferior e superior, é portanto, o seguinte:

a) anel do tanque de asa inferior.

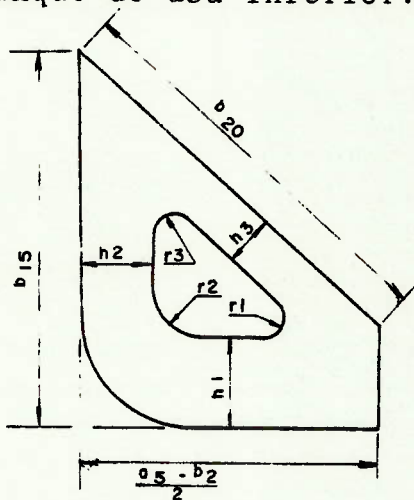


Figura 16

espessura da alma de todas as vigas que compõem o anel = espessura mínima admitida pela -
Regras.

espessura da barra de face de todas as vigas que compõem o anel = espessura da alma + 2mm
largura da barra de face de todas as vigas que compõem o anel = 150 mm

$$h_1 = 0.133 \left(\frac{a_5 - b_2}{2} \right)$$

$$h_2 = 0.125 b_{15}$$

$$h_3 = 0.125 b_{20}$$

$$r_1 = 700 \text{ mm}$$

$$r_2 = 1200 \text{ mm}$$

$$r_3 = 600 \text{ mm}$$

onde: $h_1, h_2, h_3, r_1, r_2, r_3$, correspondem às dimensões indicadas na figura 16.

nota: os valores de h_1, h_2 e h_3 , são arredondados para múltiplos de 50 mm.

b) anel do tanque de asa superior.

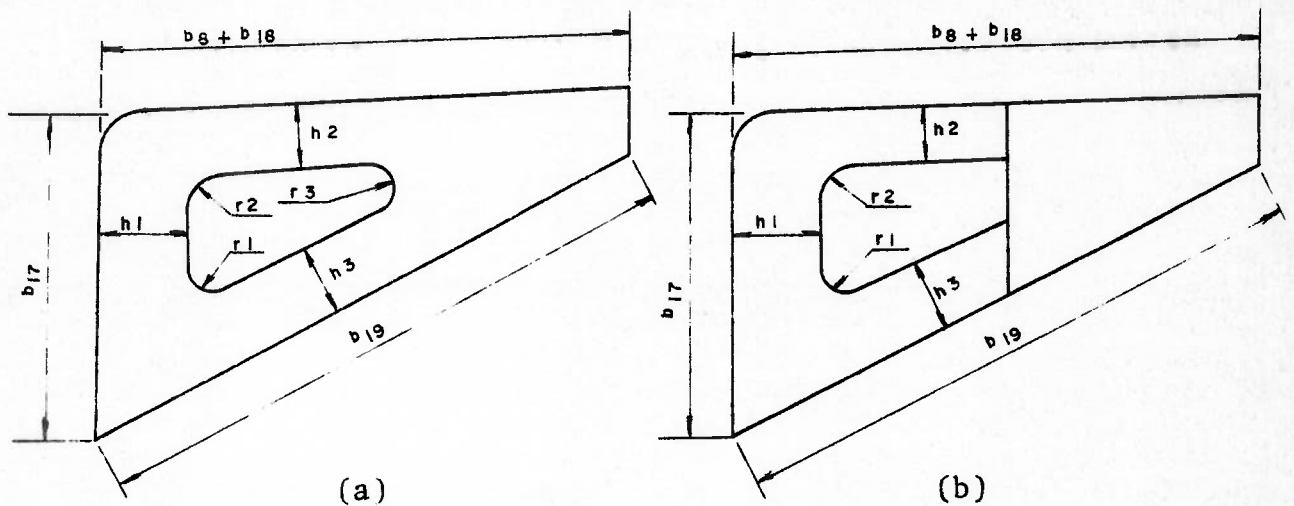


Figura 17

espessura da alma de todas as vigas que compõem o
anel e da chapa entre a abertura de escotilha e a
antepara diafragma, quando esta existir=
espessura mínima admitida pelas Regras.

espessura de barra de face de todas as vigas que
compõem o anel = espessura da alma.

largura da barra de face de todas as vigas que -
compõem o anel = 150 mm

$$h_1 = 0.166 b_{17}$$

$$h_2 = \begin{cases} = 0.125(b_8 + b_{18}), & \text{p/secção do tipo indicado na} \\ & \text{fig. 17 (a)} \\ = 0.1(b_8 + b_{18}), & \text{p/secção do tipo indicado na} \\ & \text{fig. 17 (b)} \end{cases}$$

$$h_3 = \begin{cases} = 0.125 b_{19}, & \text{p/secção do tipo indicado na fig.} \\ & \text{17 (a)} \\ = 0.0833b_{19}, & \text{p/secção do tipo indicado na fig.} \\ & \text{17 (b)} \end{cases}$$

$$r_1 = 500 \text{ mm}$$

$$r_2 = 700 \text{ mm}$$

$$r_3 = \begin{cases} = 400 \text{ mm}, & \text{p/secção do tipo indicado na fig.} \\ & \text{17 (a)} \\ = 0 & , \text{ p/secção do tipo indicado na fig.} \\ & \text{17 (b)} \end{cases}$$

onde: h_1, h_2, h_3, r_1, r_2 e r_3 , correspondem às dimensões indicadas na figura 17.

nota: os valores de h_1, h_2 e h_3 , são arredondados para múltiplos de 50 mm.

A formulação para o cálculo dos escantilhões das demais partes da estrutura transversal, apresentada a seguir, corresponde àquela existente nas regras:

c) cálculo dos escantilhões da hastilha no duplo - fundo.

$$t_1 = \frac{0.0907 c_1 a_{18} b_2 K_2}{b_1} 10^{-4}$$

$$t_2 = 0.009 \left(\frac{1000 a_5}{36} + 205 \sqrt{a_7} \right) + 1$$

$$t_3 = 15$$

$$t_4 = b_1/130$$

$$t_5 = \text{o maior valor entre } (t_2, t_4)$$

$$\text{espessura da chapa} = \begin{cases} = \text{o maior valor entre } (t_1, t_5), \text{ p/navios do tipo 1} \\ = \text{o maior valor entre } (t_3, t_5), \text{ p/navios do tipo 2} \end{cases}$$

onde:

$$K_2 = \begin{cases} =K_1(0.205-0.024\alpha)+0.312\alpha+0.034, & p/0.5 < \alpha \leq 1.0 \\ =K_1(0.349-0.168\alpha)+0.168\alpha+0.178, & p/1.0 < \alpha < 1.5 \end{cases}$$

α e K_1 = veja sub-item h do item III.3.3.2.

c) cálculo do módulo de resistência da caverna do porão.

$$\text{módulo} = \frac{P a_7 c_2}{760}$$

onde: $P = (1.35 b_{16}^2 + 0.11 C_1 D^2 + 11) \left(1 - \frac{b_{15}-b_1}{14 a_6}\right)$

$$C_1 = 1 - \frac{b_{15}-b_1}{5 q}, \quad \text{mas } C_1 > 0.35$$

$$D = a_6, \quad \text{mas } D < 1.6 a_7$$

q = como definido no sub-item h do item III,3.3.2

nota: no modelo admitimos existirem apenas cavernas comuns, coincidindo com a prática atualmente adotada pelos estaleiros nacionais.

Após serem efetuados os cálculos acima descritos, é arredondada a espessura de todas as chapas que compõem esta parte da estrutura e escolhido o perfil correspondente à

caverna de porão.

III.3.5 - Cálculo dos escantilhões das anteparas transversais.

III.3.5.1 - Cálculo dos escantilhões.

No modelo adotado, dividimos as anteparas transversais em partes, como indicado na figura 18.

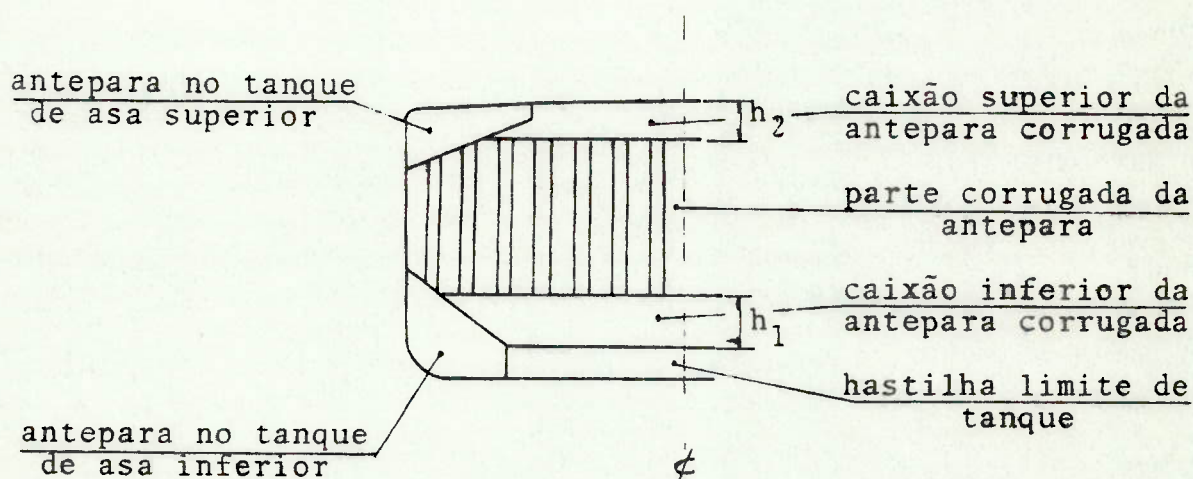


FIGURA 18

Nos modelos de síntese a seguir descritos, não são calculados os módulos dos enrijecedores das chapas, porque a formulação apresentada pelas Regras conduz a resultados insatisfatórios, e é da boa prática de construção que sejam usados nestes painéis enrijecedores iguais àqueles utilizados em

outras partes do navio, ficando assim a estrutura super-dimensionada. Como a estrutura das anteparas representa apenas cerca de 15% do peso total da estrutura do navio, e estes enrigecedores uma pequena parcela do peso da antepara, esta prática é plenamente aceitável.

- a) cálculo da espessura da chapa da antepara no -
tanque de asa superior.

$$\text{espessura da chapa} = 0.004 S \sqrt{h_2} + 2.5$$

onde: $S =$ o maior valor entre $(s_2, s_5, s_8, s_{11}, s_{14})$

$$h_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} b_{17} + \ell_1 \right)$$

- b) cálculo da espessura da chapa da antepara do -
tanque de asa inferior.

$$\text{espessura da chapa} = 0.004 S \sqrt{h_2} + 2.5$$

onde: $S =$ o maior valor entre (s_{17}, s_{23}, s_{26})

$$h_2 = \frac{1}{2} \left[a_6 - \left(\frac{1}{3} b_{15} - \ell_1 \right) \right]$$

- c) cálculo da espessura da hastilha limite de tan-
que.

espessura da chapa = espessura da hastilha comum
+ 2 mm.

d) modelo de síntese do caixão inferior da antepara corrugada.

$$h_1 = \begin{cases} = 0.12(a_6 - b_1 + b_6), & \text{p/antepara limite de porão.} \\ = 0.20(a_6 - b_1 + b_6), & \text{p/antepara limite de tanque.} \end{cases}$$

onde: h_1 = altura do caixão, como indicado na figura 18

nota: este valor só será calculado quando não for dado ao programa.

$$\text{espessura da chapa} = \begin{cases} = 0.004 s_{28} \sqrt{a_6 - b_1 - b_6}, & \text{p/antepara limite de porão.} \\ = 0.004 s_{28} \sqrt{a_6 - b_1 + b_6 + 0.91 + 2.5}, & \text{p/antepara limite de tanque.} \end{cases}$$

e) modelo de síntese do caixão superior da antepara corrugada.

$$h_2 = \frac{1}{2} h_1$$

onde: h_1 e h_2 = altura dos caixões, como indicado na figura 18.

nota: este valor só será calculado quando não for dado ao programa.

$$\text{espessura da chapa} = \begin{cases} = t_{\min} + 1\text{mm}, & \text{p/antepara limite de porão} \\ = t_{\min} + 2\text{mm}, & \text{p/antepara limite de tanque.} \end{cases}$$

onde: t_{\min} = espessura mínima requerida pelas Regras.

f) modelo de síntese da parte corrugada da antepara.

No modelo, a síntese das partes corrugadas das anteparas limite de porão e limite de tanque, é colocada em termos de um problema de minimização não linear, sujeita a restrições.

A função objetivo a minimizar escolhida, corresponde ao peso por unidade de área da antepara, ou seja:

$$F = \frac{(B+D/\text{sen}\theta)}{(B+D/\text{tg } \theta)} T$$

onde: B = largura do corrugo

D = profundidade do
corrugo

θ = ângulo do corrugo

T = espessura do corrugo.

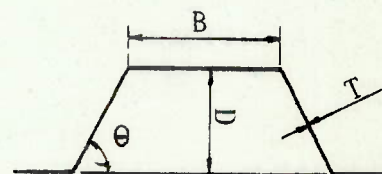


Figura 19

As restrições adotadas são: as restrições impostas pelo usuário para os valores máximos e mínimos de B, D, θ e T; e, as restrições impostas pelas Regras para a determinação dos escantilhões destas anteparas.

Estas restrições impostas pelas Regras são:

$$T > T_{\min}$$

$$\theta > 40^{\circ}$$

$$50 T > B$$

p/anteparas limite de porão.

$$T > 0.004 \cdot C \cdot \sqrt{h_1}$$

$$0.05217 D T [6B + D(1+1/\operatorname{tg}\theta)] > h_2 (B+D/\operatorname{tg}\theta) \ell^2$$

p/anteparas limites de tanque

$$T > 0.004 C \sqrt{h_3} + 25$$

$$0.01695 TD \frac{(3B+D/\operatorname{sen}\theta)}{(B + D/\operatorname{tg}\theta)} > h_4 \ell^2$$

$$0.000263 \frac{T D^2 (3B + D/\text{sen}\theta)}{(B + D/\text{tg}\theta)} \geq h_4 \ell^3$$

$C =$ o maior valor entre $(B, D/\text{sen}\theta)$

onde: T_{min} = espessura mínima requerida pelas Regras.

h_1 = distância de um ponto 1/3 acima do bordo inferior da antepara a um ponto situado 0.91m acima do convés ao lado.

h_2 = distância do meio do vão da antepara a um ponto situado 0.91m acima do convés ao lado.

h_3 = distância de um ponto situado 1/3 acima do bordo inferior da antepara ao convés ao centro.

h_4 = distância do meio do vão da antepara ao convés ao centro

ℓ = vão da antepara, igual à distância entre os caixões superior e inferior da mesma.

Resumindo temos o seguinte problema de minimização:

$$\min F = \frac{(B + D/\text{sen } \theta)}{(B + D/\text{tg } \theta)} T$$

$$\text{sujeito a: } G_1 = B \geq B_i$$

$$G_2 = B \leq B_s$$

$$G_3 = D \geq D_i$$

$$G_4 = D \leq D_s$$

$$G_5 = T \geq T_i$$

$$G_6 = T \leq T_s$$

$$G_7 = \theta \geq \theta_i$$

$$G_8 = \theta \leq \theta_s$$

$$G_9 = \theta \geq 40^\circ$$

$$G_{10} = 50T \geq B$$

$$\begin{array}{l} \text{p/antepara} \\ \text{limite de} \\ \text{porão} \end{array} \left[\begin{array}{l} G_{11} = T \geq 0.004 C \sqrt{h_1} \\ G_{12} = 0.05217 DT [6B+D(1+1/\text{tg}\theta)] \geq h_2 (B+D/\text{tg}\theta) \ell^2 \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{p/antepara} \\ \text{limite de} \\ \text{tanque} \end{array} \left[\begin{array}{l} G_{11} = T \geq 0.004 C \sqrt{h_3} \\ G_{12} = 0.01695 \frac{TD(3B+D/\text{sen}\theta)}{(B+D/\text{tg}\theta)} \geq h_4 \ell^2 \\ G_{13} = 0.000263 \frac{TD^2(3B+D/\text{sen}\theta)}{(B+D/\text{tg}\theta)} \geq h_4 \ell^3 \end{array} \right.$$

A solução deste problema de minimização é apresentada no item III.3.5.2, a seguir.

III.5.2. Solução do problema de minimização, para a síntese da parte corrugada das anteparas transversais.

Na solução numérica do problema de minimização - colocado no item anterior, adotamos o método de busca não linear, desenvolvido por Powell (5), com penalidades.

Este método de busca pode ser aplicado a qualquer problema de minimização numérica, exigindo, apenas, que a função objetivo associada às respectivas penalidades, seja unimodal. Esta verificação em termos teóricos é bastante difícil de ser feita. Porém, em termos práticos, pode ser facilmente observada, simplesmente alterando-se os valores das variáveis independentes de δ_0 , vetor ponto de partida, e verificando se o ponto correspondente ao valor mínimo da função objetivo é sempre o mesmo.

a) Apresentação do método de busca.

1ª etapa - a partir do vetor δ_0 , ponto de partida, faz-se a minimização da função objetivo em cada uma das direções do espaço vetorial Euclidiano de ordem n , onde é definido o vetor δ numa base de n vetores ortonormais $(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$. Esta minimização é feita segundo o processo das aproximações sucessivas, sequencialmente para cada uma das n direções; uma vez terminada a minimização na direção i , passa-

se à direção $i+1$, e assim por diante até a direção n , definindo o vetor.

$$\delta^* = \alpha_1 \mu_1 + \alpha_2 \mu_2 + \alpha_3 \mu_3 + \dots + \alpha_n \mu_n$$

2ª etapa - reordenar os vetores $(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$, fazendo com que os primeiros k vetores, correspondam a valores de α_i diferentes de zero. Desta forma, teremos $\alpha_i \neq 0$, $i = 1, 2, \dots, k$ e $\alpha_{k+1} = \alpha_{k+2} = \dots = \alpha_n = 0$.

3ª etapa - definir uma nova base de vetores ortonormais $(\mu_1^*, \mu_2^*, \dots, \mu_n^*)$, a partir do vetor δ^* , da seguinte forma:

$$\mu_1^* = \frac{\sum_{i=1}^k \alpha_i \mu_i}{\left(\sum_{i=1}^k \alpha_i^2 \right)^{1/2}}$$

$$\mu_q^* = \frac{\left(\sum_{i=q}^k \alpha_i^2 \right) \mu_{q-1} - \alpha_{q-1} \left(\sum_{i=q}^k \alpha_i \mu_i \right)}{\left[\left(\sum_{i=q}^k \alpha_i^2 \right) \left(\sum_{i=q-1}^k \alpha_i^2 \right) \right]^{1/2}}, \quad q=2, \dots, k$$

$$\mu_j^* = \mu_j, \quad j = k+1, \dots, n$$

4ª etapa - reiniciar o processo de busca indicado na 1ª etapa, tomando como ponto de partida o vetor δ^* .

Deve-se interromper o processo de busca descrito na 1ª etapa, quando o valor do incremento for menor que a precisão exigida. Todo o processo de busca deve ser interrompido quando, ao findar um ciclo completo de buscas correspondente à 1ª etapa, todos os α_i forem iguais a zero. Neste caso, o vetor δ^* será o ponto onde o valor da função objetivo é mínimo.

b) Penalização da função objetivo.

Como o método de busca empregado é válido para funções objetivo unimodais e sem restrições, transformam-se as restrições do problema de minimização, em penalidades que são acrescentadas à função objetivo, aumentando seu valor no ponto considerado.

Desta forma, tendo o seguinte problema de minimização com restrições - minimizar F , sujeito a $G_i < 0$, $i = 1, 2, \dots, m$ - o transformamos num problema de minimização sem restrições:

$$\min F = F + \sum_{i=1}^m \xi_i R G_i^2$$

$$\text{onde: } \xi_i = \begin{cases} = 0, & p/G_i \leq 0 \\ = 1, & p/G_i > 0 \end{cases}$$

R = fator de penalidade

Este fator de penalidade deve ser inicialmente pequeno, aumentando gradualmente após cada ciclo completo do método de busca, a fim de garantir sempre que a função objetivo modificada seja unimodal. O valor inicial para R e a relação entre um valor e o seguinte deve ser ajustado para cada problema em estudo, alterando os valores e observando se o processo converge sempre para o mesmo ponto.

Quando, após um ciclo completo do método de busca, o valor de todas as restrições for menor que uma determinada tolerância, tem-se a solução do problema.

c) Considerações finais.

No modelo adotado, admitimos a tolerância para o processo de busca citado na 1ª etapa do item a), igual a 10^{-4} . A tolerância admitida para as restrições é :

$$\sum_{i=1}^m \xi_i G_i < 10^{-4}.$$

O valor inicial de R é igual a 1 e a relação entre o valor posterior e o anterior igual a 100.

A fim de tornar o processo de penalização uniforme para todas as restrições, independentemente de seus valores absolutos, colocamos as restrições citadas no item anterior da seguinte forma:

$$G_i = g_{1i} / g_{2i} - 1 \leq 0$$

III.3.6 - Adequação da estrutura às disponibilidades de materiais.

III.3.6.1 - Arredondamento de espessuras das chapas.

As espessuras de todas as chapas que compõem a estrutura tem seus valores aproximados para aqueles valores padrões estabelecidos pelo usuário da seguinte forma:

$$t = t_i, \text{ se } t \leq t_i + t_a$$

$$t = t_{i+1}, \text{ se } t > t_i + t_a$$

onde: t - espessura da chapa

t_i, t_{i+1} - dois valores consecutivos de espessuras padrão.

t_a - tolerância máxima para o arredondamento a inferior.

A tabela de espessuras padrão poderá ser montada pelo programa, sendo neste caso necessário fornecer o incremento constante para as espessuras padrão. Poderá, também, ser estabelecida pelo usuário. Neste caso, se alguma espessura de chapa, calculada pelo programa, for maior que a maior espessura da tabela, adicionado o valor da tolerância, esta es-

pessura não será arredondada.

III.6.2 - Escolha de perfís enrijecedores laminados.

Através das Regras, obtém-se um valor mínimo para o módulo de resistência requerido para os perfís enrijecedores associados à respectiva chapa colaborante. Portanto, resta ainda determinar as dimensões nominais destes perfís, que podem ser laminados ou construídos. Neste ítem, trataremos apenas da escolha de perfís laminados; a cálculo das dimensões ótimas para os perfís construídos será discutido no ítem seguinte, III.3.6.3.

O critério de escolha adotado é: será escolhido o perfil que atender ao requisito de mínimo módulo de resistência e tiver a menor área de secção transversal e, portanto, o menor peso, dentre aqueles especificados.

Para tanto, o programa possui 3 arquivos de perfís laminados: perfís tipo bulbo da norma DIN, perfís tipo cantoneira de abas iguais e abas desiguais da norma DIN; e, perfís tipo cantoneira de abas iguais e abas desiguais da norma ASTM. Cada arquivo contém as dimensões nominais e as propriedades geométricas apenas do perfil (altura, área de secção, momento de inércia em relação a sua linha neutra, e -

posição desta linha neutra), sendo estes, ordenados dentro do arquivo em ordem crescente de área da secção transversal e, portanto, de peso.

A fim de poupar tempo de computação, os 2 primeiros elementos da matriz correspondente a um arquivo de propriedades geométricas de perfís, contém os coeficientes de uma reta, que fornece a mínima área de secção necessária para que um perfil atenda aos requisitos de módulo de resistência. Esta reta foi obtida através de gráficos como aquele indicado na figura 19. O conjunto completo destes gráficos encontra-se na referência (45).

Quando nenhum dos perfís, dentre aqueles especificados pelo usuário, atende ao requisito de resistência, o programa adotará, neste caso, um perfil construído.

Assim sendo, o processo de escolha de perfís, propriamente dito, é feito da seguinte forma:

i) com o módulo requerido e os coeficientes da reta de mínima área, calcula-se a mínima área de secção necessária para que um perfil atenda ao requisito de mínimo módulo de resistência.

$$A = x_1 Z + x_2$$

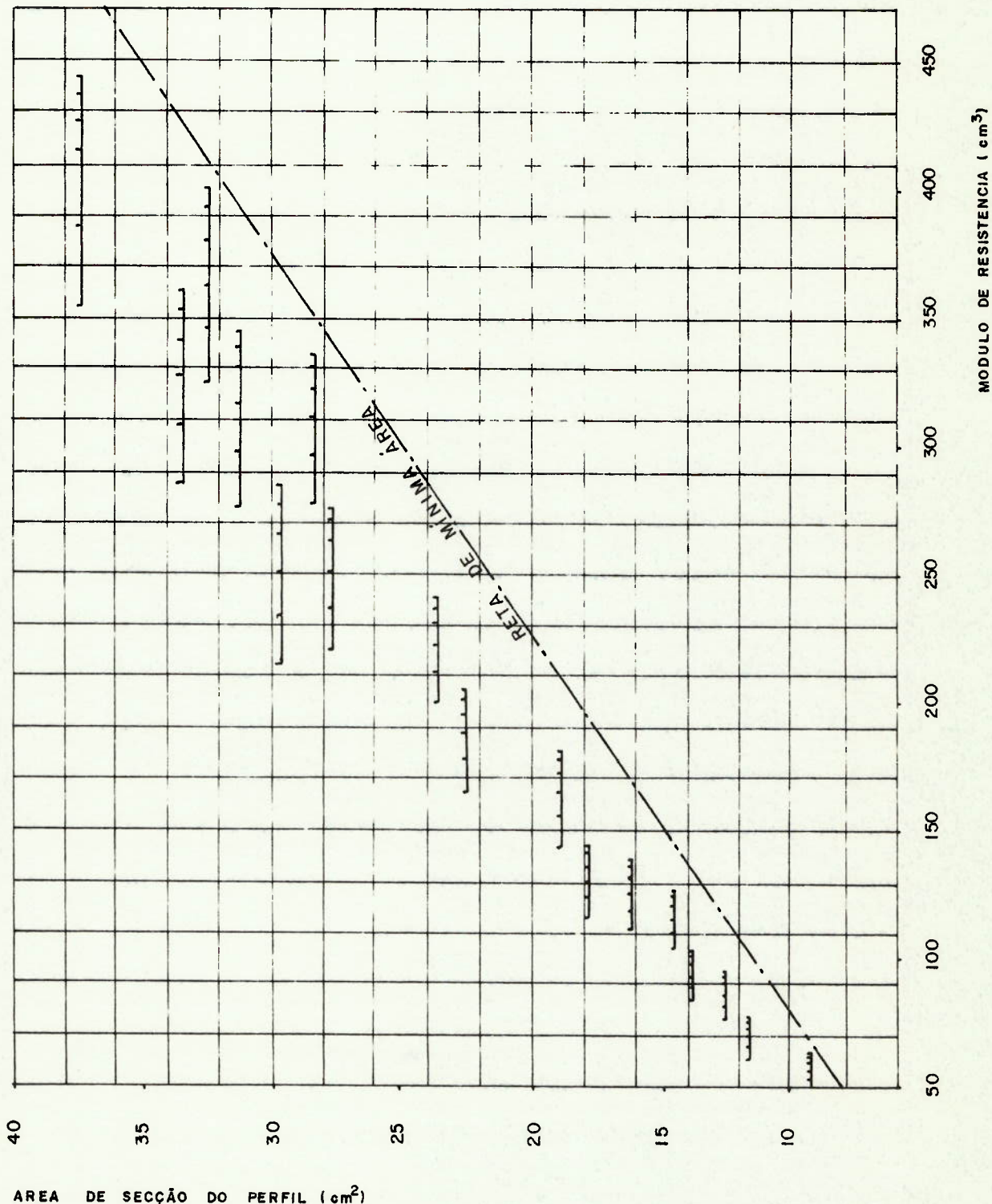
onde: A = área mínima

x_1, x_2 = coeficientes da reta

Z = mínimo módulo requerido.

FIGURA 20

Gráfico típico para a estima do módulo de resistencia do perfil associado à chapa colaborante



nota : cada segmento de reta corresponde a um perfil, a primeira indicação neste segmento, corresponde ao módulo do perfil associado à uma chapa colaborante de largura 610 mm e espessura 5 mm, as demais, correspondem às espessuras de 10,15,20,25 e 30 mm respectivamente

ii) localiza-se dentro do arquivo especificado, o perfil de menor área, de modo que esta seja maior ou igual à área A, resultado de i

iii) calcula-se o módulo de resistência deste perfil associado a uma chapa colaborante de espessura igual à espessura da chapa, e largura igual ao maior valor entre 600mm e 40 vezes a espessura; porém este valor não pode ser maior que o espaçamento entre enrijecedores.

$$A = x_i + a$$

$$M = x_i \cdot x_{i+1} - \frac{t}{2} a$$

$$I = x_{i+2} + x_i \cdot x_{i+1} + \frac{1}{4} a t^2$$

$$X = M/A$$

$$Y = \text{o maior valor entre } (X + t, x_{i+3} - X)$$

$$Z = (I - A x^2)/Y$$

onde: x_i = área de secção do perfil

x_{i+1} = distância da linha neutra do perfil ao pé deste.

x_{i+2} = momento de inércia do perfil em relação à sua linha neutra

x_{i+3} = altura total do perfil.

a = área da chapa colaborante

t = espessura da chapa colaborante

M, I, X - são respectivamente, o momento estático, o momento de inércia e a posição da linha neutra, do perfil mais chapa colaborante com relação ao pé do perfil.

Z = menor módulo de resistência do perfil associado à chapa colaborante.

iv) compara-se o módulo de resistência obtido em iii) com o requerido. Se for maior, fixa-se o perfil em questão; - caso contrário toma-se o perfil disponível imediatamente a seguir, no arquivo, e volta-se para a etapa iii). Quando o perfil em estudo for o último do arquivo e este não atender ao requisito de módulo, passa-se a calcular as dimensões ótimas de um perfil construído para esta posição.

Este processo é repetido para cada região de perfil ou perfis, sendo estas, aquelas indicadas na figura 13.

III.3.6.3 - Cálculo das dimensões ótimas para os perfis construídos.

Em se tratando de perfis construídos, as Regras, além de exigirem um valor mínimo para o módulo de resistência do perfil -

associado à respectiva chapa colaborante, requerem, também, um valor mínimo para a espessura da alma destes perfis.

Portanto, temos o seguinte problema de minimização:

$$\text{minimizar } A_T = a + t d$$

$$\text{sujeito a } Z \geq \bar{Z}$$

$$t \geq \bar{t}$$

onde: a - área de flange
 t - espessura da alma
 d - altura da alma
 Z - módulo de resistência de perfil
 \bar{Z} - mínimo módulo requerido
 \bar{t} - espessura mínima requerida

Aplicando o método dos multiplicadores de Lagrange - para resolver o problema acima, temos:

$$L = a + t d - \lambda_1 (Z - \bar{Z}) - \lambda_2 (t - \bar{t})$$

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 1 - \lambda_1 \frac{\partial Z}{\partial a}$$

$$\frac{\partial L}{\partial d} = t - \lambda_1 \frac{\partial Z}{\partial d}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = d - \lambda_1 \frac{\partial Z}{\partial t} - \lambda_2$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = z - \bar{z}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = t - \bar{t}$$

Da imposição de que todas as derivadas parciais do - lagrangeano devem ser iguais a zero no ponto de mínimo, concluimos, que neste ponto, teremos necessariamente.

$$z = \bar{z}$$

$$t = \bar{t}$$

Portanto, podemos reduzir o número de graus de liberdade do problema, impondo de início, que a espessura da alma do perfil seja igual à espessura mínima requerida. E ainda, da imposição de que o módulo real deve ser igual ao requerido, podemos obter uma relação entre as duas variáveis independentes restantes e simplificar o problema de minimização, - tornando-o um problema de minimização unidirecional e sem - restrições.

Desta forma, desprezando-se as espessuras do flange e da chapa colaborante, temos:

$$z = a d + \frac{\bar{t} d^2}{6} \left(1 + \frac{A-a}{A+\bar{t} d/2} \right)$$

Impondo $Z = \bar{Z}$ e rearranjando a expressão acima, -
vem:

$$a = \frac{3\bar{Z} (2A + \bar{t}d) - \bar{t}d^2 (2A + \bar{t}d/2)}{2d(3A + \bar{t}d)}$$

Substituindo na função objetivo, e simplificando, -
obtemos:

$$A_T = a + td = \frac{12A\bar{Z} + 6\bar{Z}\bar{t}d + 8A\bar{t}d^2 + 3\bar{t}d^3}{12Ad + 4\bar{t}d^2}$$

Portanto, devemos minimizar A_T , em função de d . Ape-
nas, derivando a expressão acima, igualando a zero e simpli-
ficando, vem:

$$\bar{t}^3 d^4 + 6A\bar{t}d^3 + (8A^2\bar{t} - 2\bar{Z}\bar{t}^2)d^2 - 8A\bar{Z}\bar{t}d - 12\bar{Z}A^2 = 0$$

As raízes do polinômio acima corresponderão às solu-
ções ótimas para o problema. Como a altura da alma do perfil
deverá ser um número real e positivo, interessa-nos apenas a
única raiz real e positiva deste polinômio.

A fim de simplificar a formulação para o cálculo das

dimensões ótimas dos perfis construídos, a ser introduzida no programa, calculamos, com o auxílio do computador, a solução do problema, fazendo variar o módulo de resistência, a área do flange e a espessura da alma e , em seguida, por meio de análise de regressão, obtivemos a seguinte fórmula para o cálculo da altura ótima do perfil .

$$d^* = 1.212 \sqrt{\frac{\bar{Z}}{\bar{t}}}$$

Desta forma, as dimensões ótimas para os perfis construídos, são calculadas através das 2 expressões acima: inicialmente, calcula-se a altura ótima para o perfil, função do módulo requerido e da espessura da alma, e , em seguida, determina-se a área do flange, função de módulo requerido, da espessura da alma, da área da chapa colaborante e da altura do perfil.

CAPÍTULO IV

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Aplicamos o modelo desenvolvido na síntese de um navio de 22 640 TPB, construído pela ISHIKAWAGIMA DO BRASIL, para a FROTA OCEÂNICA BRASILEIRA, e classificado pelo "Lloyd's Register of Shipping".

Na figura 20-A, temos os escantilhões do navio - tal como ele foi construído, e entre parênteses, os escantilhões gerados pelo modelo. O quadro 2, contém as características dos enrijecedores da estrutura longitudinal.

Nas páginas IV.4 a IV.14, estão os dados de entrada e os resultados do programa, impressos pelo computador.

ESCANTILHÕES DOS LONGITUDINAIS

número	tal como o navio foi construído	gerados pelo pro- grama
1 ao 13	250 X 90 X $\frac{10}{15}$ L	8" X 4" X $\frac{7}{16}$ " L
14 e 15	7" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L	8" X 4" X $\frac{7}{16}$ " L
16	6" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L	6" X 6" X $\frac{1}{2}$ " L
17 e 18	6" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L	8" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L
19 ao 26	300 X 90 X $\frac{11}{16}$ L	8" X 6" X $\frac{1}{2}$ " L
27	300 X 90 X $\frac{11}{16}$ L	9" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L
28	300 X 90 X $\frac{11}{16}$ L	8" X 6" X $\frac{7}{16}$ " L
29	250 X 90 X $\frac{10}{15}$ L	8" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L
30	250 X 90 X $\frac{10}{15}$ L	8" X 4" X $\frac{7}{16}$ " L
31	250 X 90 X $\frac{10}{15}$ L	6" X 6" X $\frac{7}{16}$ " L
32	250 X 90 X $\frac{10}{15}$ L	8" X 6" X $\frac{1}{2}$ " L
33	218 X 25.4 I	8" X 6" X $\frac{1}{2}$ " L
34	178 X 25.4 I	8" X 6" X $\frac{1}{2}$ " L
35 e 36	300 X 90 X $\frac{11}{16}$ L	8" X 8" X $\frac{1}{2}$ " L
37 e 38	250 X 90 X $\frac{10}{15}$ L	8" X 8" X $\frac{1}{2}$ " L
39	7" X 4" X $\frac{1}{2}$ " L	8" X 8" X $\frac{1}{2}$ " L
40 ao 45	328 X 32 I	560 X 22.5 I

QUADRO 2

DADOS GERAIS FORNECIDOS AO PROGRAMA

CODIGO DO TIPO DE PROGRAMACAO

- 3 - ESTRUTURA LONGITUDINAL - CALCULA, SENDO FORNECIDOS TODOS OS DADOS NECESSARIOS
- 1 - ESTRUTURA TRANSVERSAL - CALCULA
- 1 - ANTEPARAS ESTANQUES - CALCULA - GERANDO A ALTURA DOS CAIXES DAS ANTEPARAS

DADOS GERAIS DO NAVIO - TESTE 01 - GRANELEIRO DE 24640 TDM

DEADWEIGHT	24640. TDM	COMPRIMENTO - TOTAL	176.369 M
VELOCIDADE DE SERVICO	16.0 NOS	ENTRE PERPENDICULARES	167.240 M
DESLOCAMENTO NO CALADO DE CARGA MAXIMA	31500. TON	NA LINHA D'AGUA DE VERAD	0.000 M
MINIMO FATOR DE ESTIVA DA CARGA	0.69 M**3/TON	ESTRUTURAL (DADO)	166.810 M
		BOCA	22.940 M
		PONTAL	13.900 M
		CALADO NA CONDICAO DE CARGA MAXIMA	10.200 M
		COEFICIENTE DE BLOCIO	0.786

DADOS COMPLEMENTARES

ALTURA DO SUSPIRO DOS TANQUES - ACIMA DO CONVES AO LADO	1200. MM	25.00 KG/MM**2
TENSÃO DE ESCOAMENTO P/O AÇO DO MATERIAL DO T CONVES		25.00 KG/MM**2
FUNDO		25.00 KG/MM**2
A MEIO PONTAL		25.00 KG/MM**2
LARGURA DAS CHAPAS DISPONÍVEIS	1800. MM	
LIMITE MÁXIMO P/O ARREDONDAMENTO DE ESPESSURAS A INFERIOR	0.100 MM	
INCREMENTO P/O ARREDONDAMENTO DE ESPESSURAS	0.500 MM	

TABELA DOS PERFIS ESTRUTURAIS DISPONÍVEIS

PERFIS - CANTONEIRA - AISC

3	X	2	X	3/16	J	3	X	3	X	3/16	J	3	X	2	X	1/4	J	3	X	2	X	1/2	X	1/4	J					
3	X	3	X	1/4	J	3	X	2	X	5/16	J	3	X	3	X	1/4	J	3	X	2	X	1/2	X	5/16	J					
3	1/2	X	3	1/2	X	1/4	J	3	X	3/8	J	3	X	3	X	5/16	J	3	X	2	X	1/2	X	5/16	J					
4	X	3	1/2	X	1/4	J	3	X	3	X	3/8	J	4	X	4	X	1/4	J	5	X	3	X	1/2	X	1/4	J				
3	X	2	X	7/16	J	5	X	3	X	1/2	X	3	X	3	X	5/16	J	3	X	3	X	3/8	J	3	X	3/8	J			
3	1/2	X	2	1/2	X	3/8	J	3	X	2	X	7/16	J	4	X	3	X	1/2	J	3	X	1/2	X	3/8	J	3	X	3/8	J	
6	X	3	1/2	X	1/4	J	4	X	4	X	5/16	J	3	X	3	X	7/16	J	3	X	3	X	1/2	X	7/16	J	3	X	3/8	J
3	1/2	X	4	X	1/4	J	3	X	3	X	3/8	J	4	X	3	X	1/2	J	3	X	2	X	1/2	X	1/2	X	3	X	3/8	J
3	1/2	X	3	X	3/8	J	4	X	3	X	1/2	X	3	X	3	X	1/2	J	3	X	2	X	1/2	X	1/2	X	3	X	3/8	J
5	X	3	X	3/8	J	4	X	3	X	1/2	X	3	X	3	X	1/2	J	3	X	2	X	1/2	X	1/2	X	3	X	3/8	J	
4	X	3	X	5/16	J	6	X	4	X	7/16	J	5	X	3	X	1/2	X	3	X	3	X	1/2	X	1/2	X	3	X	3/8	J	
4	X	3	X	1/2	J	6	X	4	X	7/16	J	5	X	3	X	1/2	X	3	X	3	X	1/2	X	1/2	X	3	X	3/8	J	
5	X	3	X	1/2	J	5	X	3	X	5/8	J	6	X	4	X	3/8	J	4	X	4	X	3/8	J	4	X	4	X	1/2	J	
6	X	4	X	7/16	J	4	X	3	X	1/2	X	5/8	J	6	X	3	X	1/2	X	5	X	3	X	1/2	X	5	X	3/8	J	
7	X	4	X	7/16	J	5	X	3	X	1/2	X	5/8	J	6	X	3	X	1/2	X	6	X	3	X	1/2	X	6	X	3/8	J	
6	X	4	X	7/16	J	7	X	4	X	1/2	J	6	X	4	X	1/2	J	5	X	3	X	1/2	X	6	X	4	X	1/2	J	
8	X	4	X	1/2	J	5	X	3	X	1/2	J	6	X	4	X	3/4	J	6	X	5	X	3	X	1/2	X	6	X	1/2	J	
8	X	6	X	7/16	J	9	X	4	X	1/2	J	6	X	4	X	5/8	J	7	X	4	X	3/4	J	6	X	4	X	1/2	J	
8	X	6	X	1/2	J	5	X	3	X	3/4	J	6	X	4	X	3/4	J	9	X	4	X	9/16	J	7	X	4	X	5/8	J	
5	X	4	X	5/8	J	6	X	4	X	9/16	J	7	X	4	X	3/4	J	9	X	4	X	5/8	J	6	X	4	X	1/2	J	
8	X	8	X	7/8	J	6	X	4	X	7/8	J	6	X	4	X	5/8	J	6	X	6	X	3/4	J	6	X	4	X	3/4	J	
8	X	4	X	7/8	J	6	X	4	X	3/4	J	9	X	4	X	5/8	J	6	X	6	X	3/4	J	6	X	4	X	7/8	J	
8	X	0	X	3/4	J	6	X	4	X	7/8	J	6	X	4	X	1	J	6	X	6	X	1	J	6	X	4	X	7/8	J	
8	X	0	X	1	J	6	X	4	X	1	J	6	X	4	X	1	J	6	X	6	X	1	J	6	X	4	X	7/8	J	

DADOS ADICIONAIS PARA O CALCULO DO MATERIAL LONGITUDINAL NA SECCAO MESTRA

COMPRIMENTO DO MAIOR PORAO DE CARGA 16.00 M
 $w = (\text{ PESO DA CARGA NO PORAO }) / (\text{ VOLUME DO PORAO })$ 1.45 TON/M³
 RELACAO $l = (\text{ AREA DE LONGITUDINAIS NO CONVES }) / (\text{ AREA DE CHAPA NO CONVES })$ (DADO) 0.45
 ESPACAMENTO MINIMO PARA OS EPRIGEADORES LONGITUDINAIS 1.40 ESPECIFICADO
 MAXIMO MOMENTO FLUTOP EM AGUAS TRANQUILLAS 0. TON=M
 MODULO DE SECCAO P/A VIGA NAVIO PEQUERIDO (GERADO) - CONVES 6746774. CM³
 FUNDO 6746774. CM³

ESPECIFICACAO DO TIPO DE PERFIL A SER ADOPTADO - CONVES

FUNDO NO DUPLO FUNDO BARRA CHATA
 FUNDO NO TANQUE DE ASA INFERIOR CANTONEIRA - AISC
 TETO DO DUPLO FUNDO CANTONEIRA - AISC
 COSTADO NO TANQUE DE ASA SUPERIOR CANTONEIRA - AISC
 ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR CANTONEIRA - AISC
 COSTADO NO TANQUE DE ASA INFERIOR CANTONEIRA - AISC
 BOJO CANTONEIRA - AISC
 ANTEPARA DO TANQUE DE ASA INFERIOR CANTONEIRA - AISC

DADOS ADICIONAIS PARA O CALCULO DA ESTRUTURA TRANSVERSAL

ESPECIFICACAO DO TIPO DE PERFIL A SER ADOPTADO - CAVERNA NO PORAO CANTONEIRA - AISC

GEOMETRIA INTERNA DA SECCAO MESTRA (DADO)

NAVIO - TESTE 01 - GRANELEIRO DE 24640 TDM

ALTURA DO DUPLO FUNDO	1*00.	MM
LARGURA DO DUPLO FUNDO	13900.	MM
LARGURA DA ABERTURA DA ESCOTILHA	11440.	MM
ANGULO DE INCLINACAO DA ANTEPARA DO TANQUE DE ASA INFLRIOR	45.	GRAUS
	30.	GRAUS
FLEXA NO CONVES PRINCIPAL	350.	MM
ALTURA DA PARTE VERTICAL DA ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR	500.	MM
RAIO DO CINTADO	600.	MM
RAIO DO BOJO	2000.	MM
LARGURA DA PARTE HORIZONTAL DA ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR	620.	MM
LARGURA DO CINTADO	1790.	MM
LARGURA DA CHAPA QUILMA HORIZONTAL	1990.	MM
DISTANCIA DA ANTEPARA DIAFRAGMA NO TANQUE DE ASA SUPERIOR AO COSTADO	0.	MM
LARGURA DA QUILMA DUTO	0.	MM
ALTURA DO COSTADO NO TANQUE DE ASA INFERIOR	5920.	MM
FORAO	4660.	MM
TANQUE DE ASA SUPERIOR	3000.	MM
LARGURA DO CONVES	5161.	MM
LARGURA DA ANTEPARA INCLINADA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR (DADO)	5695.	MM
	6390.	MM

***** A QUILMA CENTRAL E SINGELA

***** NAO EXISTE ANTEPARA DIAFRAGMA LONGITUDINAL NO TANQUE DE ASA SUPERIOR

POSICIONAMENTO DOS ELEMENTOS LONGITUDINAIS DA ESTRUTURA NA SECCAO MESTRA (DADO)

NAVIO - TESTE 01 - GRANELEIRO DE 24640 TDM

QUILHAS LATERAIS - NUMERO (EM CADA BORDO) EXCLUIDA A QUILHA CENTRAL OU A QUILHA LIMITE LA QUILMA GUTO) - 3
 LOCALIZACAO - A QUILHA LIMITE ENTRE O DUPL0 FUNDO E O TANQUE DE ASA, ESTA SITUADA NA INTERSECCAO ENTRE A CHAPA DO DUPL0 FUNDO E A ANTEPARA DO TANQUE DE ASA
 ESPACAMENTOS (DO COSTADO P/A LINHA DE CENTRO) - UNIDADE MM
 ; 1945. ; 2145. ; 2860. ;

ENRIGECEDORES - CONVES	NUMERO	ESPACAMENTO - UNIDADE - MM PRIMEIRO PADRAO ULTIMO
COSTADO NO TANQUE DE ASA SUPERIOR	6	770. 750. 1230.
ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR	3	750. 750. 750.
COSTADO NO TANQUE DE ASA INFERIOR	5	610. 666. 1421.
BOJO	4	250. 750. 1420.
FUNDO NO TANQUE DE ASA INFERIOR	4	480. 750. 500.
ANTEPARA DO TANQUE DE ASA INFERIOR	3	750. 750. 270.
FUNDO NO DUPL0 FUNDO	6	650. 650. 1290.
TETO DO DUPL0 FUNDO	7	715.
	7	715.

ESPACAMENTOS DA ESTRUTURA TRANSVERSAL

ESPACAMENTO ENTRE HASTILHAS E ANEIS TRANSVERSAIS NO TANQUE DE ASA INFERIOR	2250. MM
ESPACAMENTO ENTRE CAVERNAS NO PORAO	750. MM
ESPACAMENTO ENTRE ANEIS TRANSVERSAIS NO TANQUE DE ASA SUPERIOR	4500. MM

ESCAMILHÕES DO MATERIAL LONGITUDINAL NA SECCAO MESTRA

NAVIO - TESTE 01 - GRANELEIRO DE 24040 TDM

LOCALIZACAO	CONVES	CINTADO	T ₀ ASA SUP	COSTADO	PORAO	T ₀ ASA INF	BOJO	FUNDO	QUILHA	TETO	DUPLA	FUNDO		
ESPESSURA	19.500	19.500	14.500	14.500	14.500	12.000	15.000	15.000	23.000	14.500	17.000			
LOCALIZACAO	LONGARINAS DO DUPLA FUNDO													
ESPESSURA	12.000	11.000	ESTANQUE										NAD	ESTANQUE
LOCALIZACAO	ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR													
ESPESSURA	500.	19.500	ANTEPARA DO TANQUE DE ASA INFERIOR											
PARTE VERTICAL	820.	11.000	LARGURA (MM)										ESPESSURA	
PARTE HORIZONTAL	1195.	11.000	1000.										17.000	
FIADA - 1	1600.	11.000	1800.										15.000	
FIADA - 2	1800.	11.000	1800.										14.000	
FIADA - 3	900.	23.000	1700.										13.500	

OBS - NO MODELO DO PROGRAMA , PARA CALCULO DAS PROPRIEDADES GEOMETRICAS DA SECCAO , APENAS UMA DAS QUILHAS LATERAIS , EM CADA BORDO , E CONSIDERADA COMO SENDO ESTANQUE , EXCLUIDA A QUILHA CENTRAL OU A QUILHA LIMITE DA QUILHA OUTO

- O POSICIONAMENTO DAS FIADAS DAS CHAPAS NAS ANTEPARAS DOS TANQUES DE ASA FOI DADO

PERFIS ENRIQUECEDORES

LOCALIZACAO	NUMERO TOTAL DE PERFIS	MODULO REQUERIDO (CM**3)	MODULO PEAL (CM**3)	TIPO DO PERFIL	DIMENSOES NOMINAIS
CONVES	4	466.	2219.	BARRA CHATA	560. X 22.5
COSTA DO NO TO ASA SUPERIOR	3	495.	507.	CANTONEIRA - AISC	6 X 6 X 1/2
		495.	507.	CANTONEIRA - AISC	6 X 6 X 1/2
		495.	507.	CANTONEIRA - AISC	6 X 6 X 1/2
INFERIOR	4	336.	339.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		343.	345.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 1/2
		348.	378.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 1/2
		353.	376.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 1/2
BOJO	4	343.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		341.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		339.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		338.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
FUNDO NO TO ASA INFERIOR	3	345.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		345.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		345.	347.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
TETO DO DUPLO FUNDO	7	469.	518.	????????????????	6 X 6 X 1/2
		490.	505.	CANTONEIRA - AISC	6 X 6 X 1/2
ANTEPARA DO TO ASA INFERIOR	6	414.	430.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 1/2
		374.	365.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		332.	345.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 1/2
		290.	313.	CANTONEIRA - AISC	6 X 4 X 7/16
		571.	608.	????????????????	6 X 6 X 1/2
SUPERIOR	5	571.	608.	????????????????	6 X 6 X 1/2
		571.	608.	????????????????	6 X 6 X 1/2
		571.	608.	????????????????	6 X 6 X 1/2
		571.	608.	????????????????	6 X 6 X 1/2

PROPRIEDADES GEOMETRICAS DA SECCAO TRANSVERSAL NA SECCAO MESTRA

PESO / METRO	16.549 TON / M
AREA DE MATERIAL LONGITUDINAL	21681.25 CM**2
POSICAO DA LINHA NEUTRA EM RELACAO A LINHA DE BASE	605.763 CM
MOMENTO DE INERCIA	6865566102. CM**4
MODULO DE SECCAO NO CONVES	6754458. CM**3
FUNDO	11333749. CM**3

DADOS ADICIONAIS PARA O CALCULO DAS ANTEPARAS DE FOMAO

ANTEPARA CORRUGADA LIMITE DE PORAO ANTEPARA CORRUGADA LIMITE DE TANQUE (FOMAO DE LASTRO)

	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO
LARGURA DO CORRUGO	200. MM	2000. MM	200. MM	2000. MM
PROFUNDIDADE DO CORRUGO	200. MM	2000. MM	200. MM	2000. MM
ESPESSURA DA CHAPA	5.0 MM	30.0 MM	5.0 MM	30.0 MM
ANGULO DO CORRUGO	35. GRAUS	95. GRAUS	35. GRAUS	95. GRAUS

ESCANTILHÕES DA ESTRUTURA TRANSVERSAL NA SECCAO MESTRA

NAVIO - YESTE 01 - GRANELEIRO DE 24640 TDM

ANEL TRANSVERSAL NO TANQUE DE ASA INFERIOR		ANEL TRANSVERSAL NO TANQUE DE ASA SUPERIOR	
ESPESSURA DA ALMA	12.0 MM	ESPESSURA DA ALMA	11.0 MM
LARGURA DA BARRA DE FACE	150. MM	LARGURA DA BARRA DE FACE	150. MM
ESPESSURA DA BARRA DE FACE	14.0 MM	ESPESSURA DA BARRA DE FACE	11.0 MM
ALTURA DA ALMA - FUNDO	1550. MM	ALTURA DA ALMA - COSTADO	500. MM
COSTADO	750. MM	CONVES	750. MM
ANT DO TO ASA	600. MM	ANT DO TO ASA	750. MM
RAIO DE CURVATURA - FUNDO / ANT TO ASA	700. MM	RAIO DE CURVATURA - COSTADO / ANT TO ASA	500. MM
FUNDO / COSTADO	1200. MM	COSTADO / CONVES	700. MM
COSTADO / ANT TO ASA	600. MM	CONVES / ANT TO ASA	400. MM
PESO / METRO DO ANEL	1.236 TON/M	PESO / METRO DO ANEL	0.398 TON/M

HASTILHA - ESPESSURA - NO MEIO DO PORAD	19.5 MM
NO LIMITE DO PORAD (NAO ESTANQUE)	14.0 MM
PESO / METRO	1.137 TON/M

CAVERNA NO PORAD - MODULO REQUERIDO	401. CM**3
REAL	452. CM**3
PERFIL TIPO	CANTONEIRA - AISC
DIMENSÕES NOMINAIS	8 X 6 X 7/16
PESO / METRO	0.399 TON/M

PESO / METRO TOTAL DA ESTRUTURA TRANSVERSAL 3.171 TON/M

ESCANTILHÕES DAS ANTEPARAS TRANSVERSAIS

NAVID " TESTE 01 - GRANELIRO DE 24640 TDW

	ANTEPARA CORRUGADA LIMITE DE PORAO	ANTEPARA CORRUGADA LIMITE DE TANQUE (PRAO DE LASTRO)
LARGURA DO CURRUGO	550. MM	700. MM
PROFUNDIDADE DO CORRUGO	315. MM	615. MM
ESPESSURA DA CHAPA	11.000 MM	14.000 MM
ANGULO DO CORRUGO	40.3 GRAUS	53.7 GRAUS
PESO DA ANTEPARA CORRUGADA	21.531 TON	28.081 TON
ALTURA DO CAIXAO INFERIOR (GERAOD)	1500. MM	2600. MM
ESPESSURA DA CHAPA DO CAIXAO INFERIOR	11.000 MM	13.500 MM
PESO DO CAIXAO INFERIOR	6.452 TON	13.497 TON
ALTURA DO CAIXAO SUPERIOR (GERAOD)	750. MM	1300. MM
ESPESSURA DA CHAPA DO CAIXAO SUPERIOR	12.000 MM	13.000 MM
PESO DO CAIXAO SUPERIOR	3.839 TON	4.496 TON
DIMENSÖES DA MASTILHA ESTANQUE - ESPESSURA	21.500 MM	
PESO	3.941 TON	
DIMENSÖES DA ANTEPARA ESTANQUE NO TANQUE DE ASA INFERIOR - ESPESSURA	12.500 MM	
PESO	3.844 TON	
DIMENSÖES DA ANTEPARA ESTANQUE NO TANQUE DE ASA SUPERIOR - ESPESSURA	11.000 MM	
PESO	2.225 TON	
PESO TOTAL DA ANTEPARA - ANTEPARA LIMITE DE PORAO		41.631 TON
ANTEPARA LIMITE DE TANQUE (PORAO DE LASTRO)		56.083 TON

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentamos algumas conclusões obtidas da análise da geração automática da estrutura de uma série de navios. Foram consideradas 5 famílias de navios, tendo cada uma um navio de referência, de capacidade de carga variando entre 20.000 TPB e 200.000 TPB. Para cada família foram gerados cerca de 150 configurações estruturais diferentes. As características principais dos navios de referência de cada família, estão indicadas na tabela 3 abaixo.

NAVIO	TPB (ton)	L (m)	B (m)	H (m)	D (m)	C_B
1	21 545	150.90	22.82	9.54	12.80	0.780
2	37 650	186.08	26.50	11.38	15.40	0.793
3	44 567	184.50	29.00	11.80	16.00	0.884
4	50 500	205.50	30.50	12.00	17.00	0.805
5	159 250	280.42	42.67	18.21	24.69	0.833

características principais dos navios de referência de cada família

TABELA 3

a) A tabela 4 mostra a influência do espaçamento entre enrijecedores longitudinais em P_1 . A variação dos espaçamentos foi feita da seguinte forma: inicialmente foram geradas pelo programa os espaçamentos, sendo estes tomados como base; em seguida, aumentamos ou diminuimos o espaçamento entre enrijecedores, colocando ou retirando 1 enrijecedor no duplo fundo, sendo este, o espaçamento adotado como padrão para todo o navio.

Pode-se observar que o espaçamento gerado pelo programa e tomando como base corresponde ao valor ideal para esta variável. Isto porque, o espaçamento imediatamente inferior a ele quando não implicam num pequeno au-

mento de peso do material longitudinal da estrutura, proporciona um ganho de peso muito menor que aquele que se obtém ao reduzir o espaçamento de um valor - acima do espaçamento base para ele. Neste último caso, este ganho de peso não seria compensatório, uma vez que, ao se diminuir o espaçamento, estar-se-ia aumentando o número de elementos estruturais e portanto encarecendo o custo de construção do navio.

NAVIO 1			NAVIO 2			NAVIO 3			NAVIO 4			NAVIO 5		
$e_{LRS} = 721.50\text{mm}$			$e_{LRS} = 780.13\text{mm}$			$e_{LRS} = 777.50\text{mm}$			$e_{LRS} = 812.50\text{mm}$			$e_{LRS} = 886.66\text{mm}$		
e (mm)	A (cm ²)	+%A ₀	e (mm)	A (cm ²)	+%A ₀	e (mm)	A (cm ²)	+%A ₀	e (mm)	A (cm ²)	+%A ₀	e (mm)	A (cm ²)	+%A ₀
665	17840	0.02	700	24896	-0.5	705	27604	-1.0	735	31356	-0.4	820	59109	-2.1
720	17837	-	755	24861	-0.7	755	27734	-0.5	785	31309	-0.6	870	59661	-1.2
785	18230	2.2	815	25031	-	810	27869	-	845	31491	-	920	60406	-
865	18734	5.0	890	25438	1.6	880	28439	2.0	915	32054	1.8	985	61542	1.9
960	19102	7.1	900	26013	3.9	920	29090	4.4	1000	32902	4.5	1050	62691	3.8

QUADRO 5

b) Das variáveis do vetor $\{\beta\}$, concluímos que apenas 6 delas influem significativamente no peso da estrutura. São elas, em ordem de importância :

b_1 - altura do duplo fundo - à medida que b_1 cresce, cresce o peso da estrutura, sendo esta a variável de $\{\beta\}$ que mais influência tem no peso estrutural. Pode-se concluir que quanto menor for este valor, mais leve será a estrutura.

b_3 - largura da abertura da escotilha - à medida que b_3 cresce, diminui o peso da estrutura, chegando, em alguns casos, a existir um ponto de inflexão da curva. Consideramos este resultado um pouco tendencioso, pois na geração das diversas configurações estruturais, não mantivemos constante o volume do tanque de asa superior. Mas, analisando-se a formulação para o cálculo dos escantilhões das anteparas inclinadas destes tanques, observa-se que quanto maior a boca do tanque, maiores serão os escantilhões.

b_2 - largura do duplo fundo - à medida que b_2 cresce, cresce o peso da estrutura. Embora a influência de b_2 seja pouco significativa, este resultado é bastante útil quando se pretende alterar a altura do duplo fundo de um navio sem mudar significativamente o volume e o centro de gravidade do porão.

b_4 e b_5 - ângulos de inclinação das anteparas inclinadas dos tanques de asa inferior e superior respectivamente - à medida que b_4 e b_5 crescem cresce o peso. Apesar da influência, tanto de b_4 como de b_5 no peso ser significativa, dentro dos valores usualmente observados para estes ângulos nos navios em operação, ela passa a ter pouco significado.

b_6 - flexa no convés principal - à medida que b_6 cresce, o peso estrutural cresce. Nota-se, que a influência de b_6 no peso é inversa àquela que poderia se esperar, pois à medida que b_6 cresce, aumenta a distância dos elementos do convés à linha da neutra da viga navio, contribuindo, assim, para aumentar a colaboração destes elementos no módulo de resistência.

As demais variáveis de $\{\beta\}$, dentro dos campos de variação usualmente observadas nos navios em operação, têm muita pouca influência no peso da estrutura.

c) Gerando uma série de configurações estruturais para a família de navios, variando as caracte-

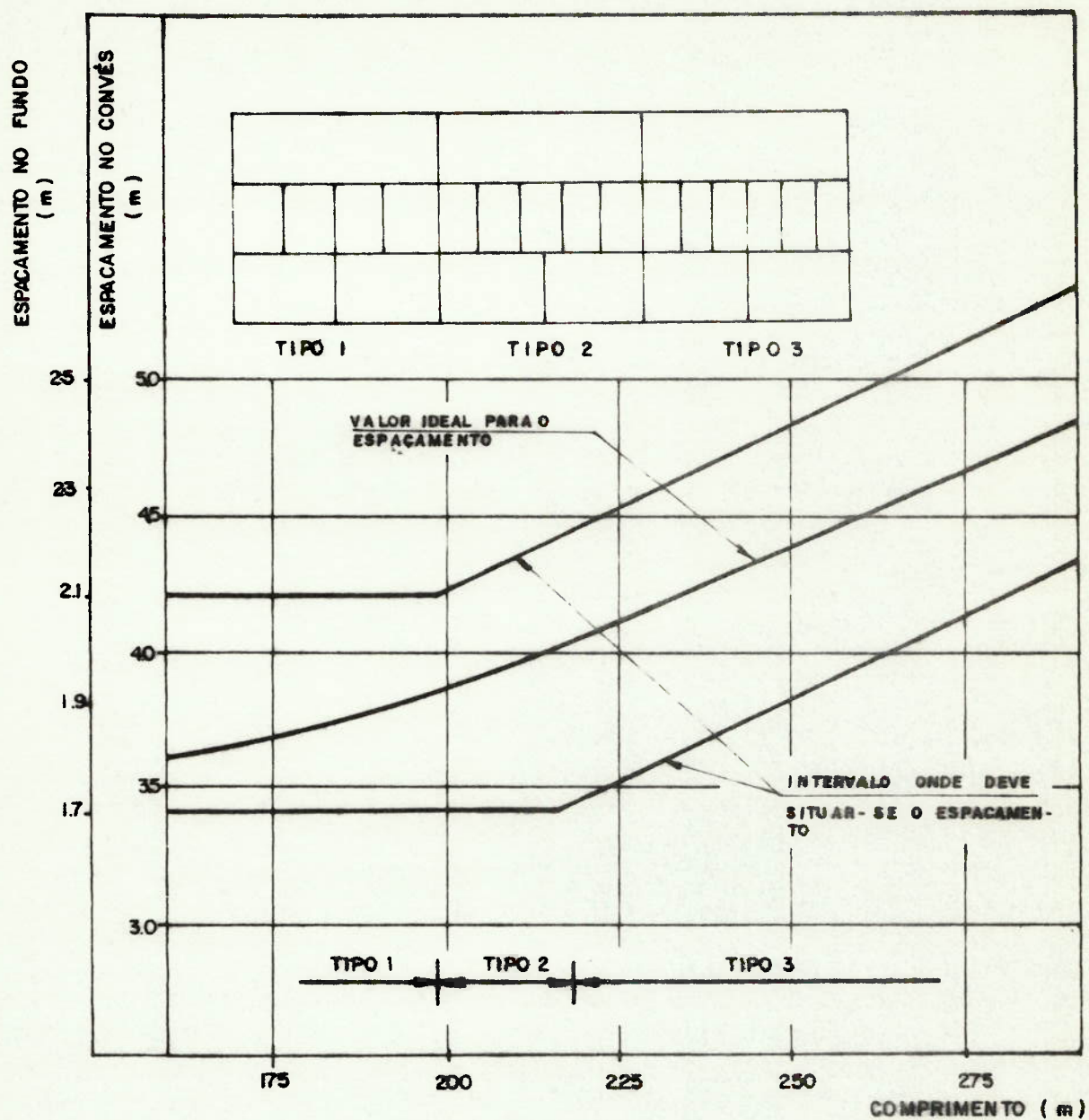
rísticas de sua estrutura transversal, elaboramos o gráfico da figura 21, que fornece o espaçamento ideal para os elementos da estrutura transversal. Entendemos aqui, como espaçamento ideal, aquele que minimiza o peso da estrutura, dentro das limitações impostas' peio modelo elaborado.

Foram analisados, três esquemas para a estrutura transversal; a saber:

Tipo 1: para cada quatro espaçamentos entre cavernas no porão, têm-se dois espaçamentos entre hastilhas e anéis transversais no tanque de asa inferior e um espaçamento entre anéis transversais no tanque de asa superior.

Tipo 2: para cada cinco espaçamentos entre cavernas no porão, têm-se dois espaçamentos entre hastilhas e anéis transversais no tanque de asa inferior e um espçamento entre anéis transversais no tanque de asa superior.

Tipo 3: para cada seis espaçamentos entre cavernas no porão, têm-se dois espaçamentos entre hastilhas e anéis transversais no tanque de asa inferior e um espaçamento entre anéis transversais no tanque de asa superior.



Espaçamento ideal para a estrutura transversal

Nota : este gráfico foi inicialmente elaborado pela ISHIKAWAGIMA do Japão, encontrando-se numa publicação interna da IHI, escrita em japonês. Dada seu grande valor e utilidade, ele foi por nos analisado e comprovado, tendo sido portanto, incluído neste trabalho.

FIGURA 21

d) Finalmente, foi feita uma análise da redução no peso do material longitudinal da estrutura, devida ao uso de aço de alta resistência no convés e no convés e no fundo do navio. Foram analisadas estas reduções, utilizando-se os seguintes tipos de aço, segundo a nomenclatura adotada pelo "Lloyd's Register of Shipping": AH32, de tensão de escoamento nominal igual a 32 kg/mm^2 ; e AH36, de tensão de escoamento nominal a 36 kg/mm^2 .

	AH 32		AH 36	
	redução em peso*	% de aço de alta resistência**	redução em peso*	% de aço de alta resistência**
aço de alta resistência só no convés	7.0	29.0	8.0	30.0
aço de alta resistência no convés e no fundo	15.0	60.0	16.0	61.0
aço de alta resistência em toda a estrutura longitudinal	13.0	100.0	14.5	100.0

TABELA 5

* indicação média, verificada no peso do material longitudinal da estrutura, em relação a uma estrutura totalmente em aço médio, de tensão de escoamento no

minal igual a 25 kg/mm^2 .

** porcentagem em peso de aço de alta resistência na estrutura longitudinal em relação ao peso total da estrutura longitudinal.

CAPÍTULO VI - DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A seguir, apresentamos algumas sugestões e indicações de temas para futuras pesquisas neste campo, que viriam completar e implementar o presente trabalho.

a) Elaborar e implantar, a 4^a etapa do modelo de síntese, referida no ítem II.3. Recomendamos adotar um modelo de otimização no qual as variáveis independentes sejam as variáveis do vetor $\{\gamma_2\}$ e apenas as variáveis de $\{\beta\}$ que possuem influência significativa no peso. Neste caso, pode-se montar um problema de otimização com somente 7 ou 9 graus de liberdade. Devido ao tempo de computação necessário para calcular o valor da função objetivo em cada iteração ser de aproximadamente 2 a 3 segundos, sugerimos adotar um processo de busca por aproximações sucessivas.

b) Procurar parametrizar a influência das dimensões principais do navio em seu peso estrutural, bem como de outras variáveis cuja influência neste peso é significativa.

c) Elaborar um conjunto de recomendações para o projeto de navios graneleiros.

d) Elaborar modelos de síntese semelhantes a este, baseados nas Regras de outras Sociedades Classificadoras e para outros tipos de navios.

e) Aperfeiçoar a formulação para a síntese da estrutura transversal.

ANEXO A

ESTUDO PARA O ESPAÇAMENTO IDEAL DE ENRIGECEDORES
VISANDO MENOR PESO DO PAINEL

Na análise a seguir consideramos um painel do fundo - de um navio qualquer, com as dimensões indicadas na figura - abaixo.

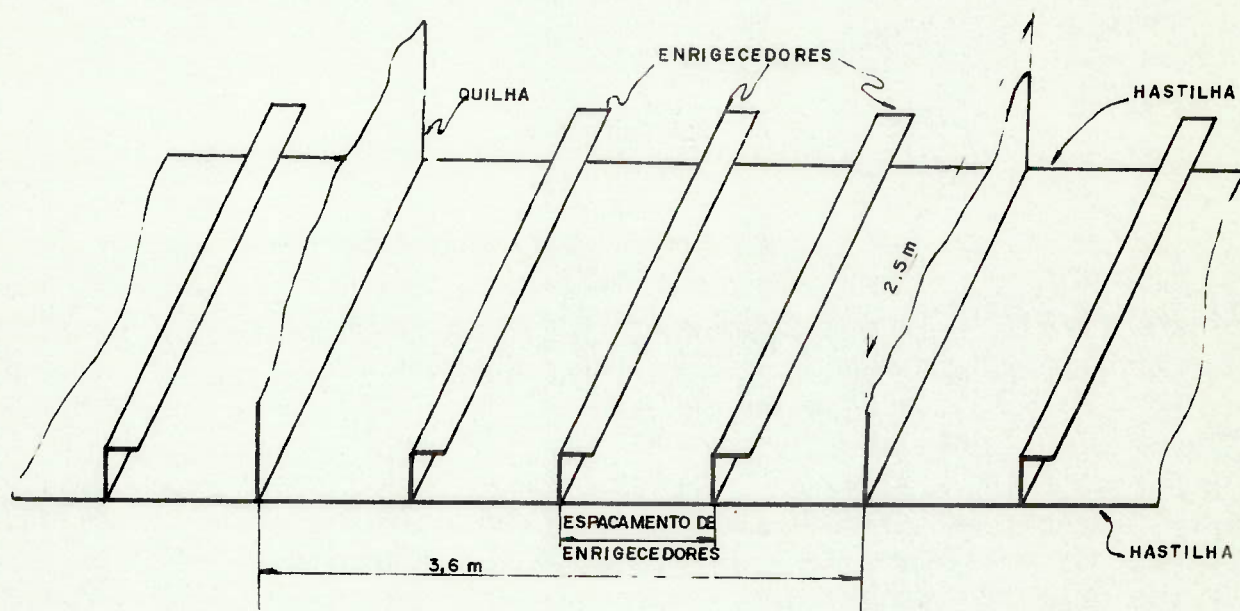


FIGURA A.1

Neste estudo será considerada a área da secção transversal do painel, isto é, a área de material que compõe o - painel num plano perpendicular à chapa do painel.

Espaçamentos considerados

nº de enrijecedores no vão (3.6m)	espaçam. dos enrijec. (mm)
0	3600
1	1800
2	1200
3	900
4	720
5	600
6	514
7	450
8	400

Considerando este painel como pertencente ao fundo navio temos:

Regras do "LLOYD'S REGISTER SHIPPING"

a) chapeamento do fundo

A espessura das chapas do fundo de navios deverão ter um valor mínimo igual a :

a.1) Construção longitudinal

$$t_1 = \frac{s}{1000} \left(10 + \frac{L_1}{23} \right) \sqrt{\frac{F_B}{K}} \quad (\text{mm})$$

$$t_2 = 0.063 s \sqrt{\frac{dK}{2-F_3}} \quad (\text{mm})$$

Devendo ser adotado o maior valor entre t_1 e t_2 .

Mas para navios com comprimento maior que 190m, não deve ser menor que

$$t_3 = \frac{1}{55\sqrt{K}} \quad (\text{mm})$$

L = comprimento do navio (m)

L_1 = comprimento do navio, porém não pode ser assumido maior que 190

L_2 = comprimento do navio, porém não pode ser assumido maior que 250

d = calado do navio (m)

F_B = coeficiente para o módulo da secção

s = espaçamento de enrigecedores, porém não pode ser tomado menor que: $470 + \frac{L_2}{0,6}$ (mm)

K = coeficiente para aço de 0,6 alta tensão

b) Enrigecedores do fundo:

Os enrigecedores do chapeamento do fundo do navio deverão ter módulo de resistência, associados a uma chapa colaborante de espessura igual à espessura da chapa do fundo, e largura igual de 610 mm.

b') Construção longitudinal

$$I/y = 0.0106 s S^2 K_1 \quad (\text{cm}^3)$$

$$K_1 = 1.11 d c_2$$

onde: d = calado do navio (m)

c_2 = coeficiente para o módulo da secção

S = vão livre dos enrijecedores (m)

s = espaçamento dos enrijecedores (mm)

Navio exemplo nº 1.

$$L = 160 \text{ m}$$

$$L_1 = 160 \text{ m}$$

$$L_2 = 160 \text{ m}$$

$$d = 10.0 \text{ m}$$

$$K = 1$$

$$F_B = 1$$

$$c_2 = 1$$

$$S = 2.5 \text{ m}$$

$$s_{\text{mínimo}} = 470 + \frac{L_2}{0.6} = 736.6 \text{ m}$$

$$t_1 = \frac{s}{1000} \left(10 + \frac{L_1}{23} \right) \sqrt{\frac{F_B}{K}} = 0.0159 \text{ s}$$

$$t_2 = 0.0063s \sqrt{\frac{dK}{2+F_B}} = 00.0199 \text{ s}$$

logo: $t_2 > t_1$ p/qq. valor de s , t_2 = espessura da chapa.

$$I/y = 1.11 d c_2 * 0.0106 s S^2 = 0.735$$

NÚMERO DE ENRIGECEDORES	ESPAÇAMENTO (mm)	ESPESSURA DA CHAPA (mm)	AREA DA CHAPA (cm ²)	MÓDULO DO ENRIGECEDOR (cm ³)	AREA DOS ENRIGECEDORES (cm ²)	AREA TOTAL (cm ²)
0	3600	71.64	2579	-	-	2579
1	1800	35.82	1289	1323	284	1373
2	1200	23.88	860	882	239	999
3	900	17.91	645	662	203	848
4	720	14.66	528	529	181	709
5	600	14.66	528	441	197	725
6	514	14.66	528	378	203	731
7	450	14.66	528	331	245	773
8	400	14.66	528	294	248	776

Tabela A.1

- * considerou-se perfis reais, padrão americano.
 módulo > 800 perfil T
 módulo < 800 perfil cantoneira de abas desiguais.

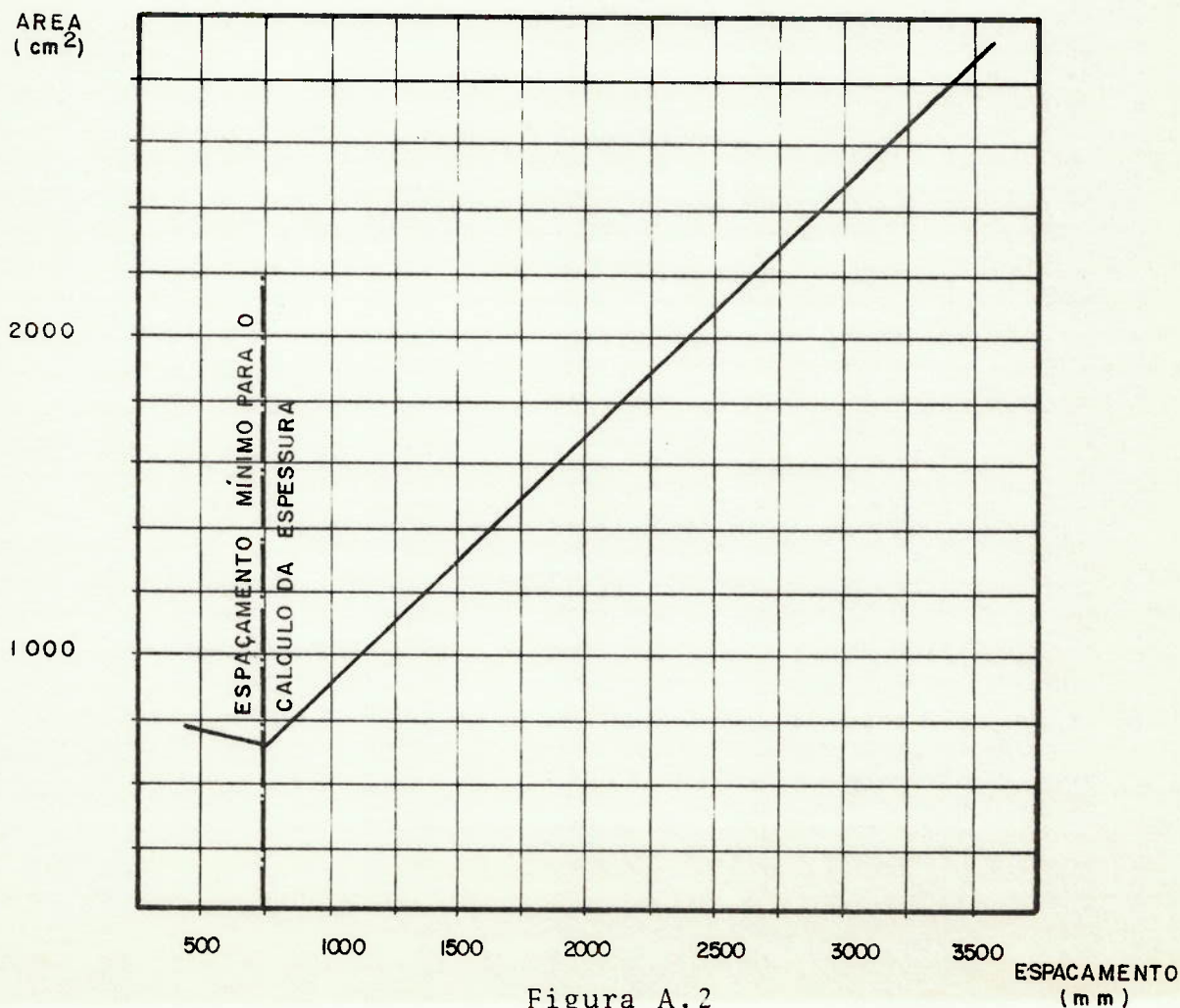


Figura A.2

Conclusão:

1. O espaçamento ideal para os enrijecedores, sob o ponto de vista apenas do peso, é para as regras do LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING, igual a $470 + \frac{L_2}{0.6}$ onde L_2 = comprimento do navio, não devendo ser tomado maior que 250 m.
2. As hipóteses feitas não influem na conclusão acima, porque:
 - chapeamento do fundo - nas outras regiões do navio calculamos a espessura e módulo da mesma forma, com as mesmas limitações.
 - painel - considerando-se outro painel (dimensões), não será alterado o resultado final, só as espessuras e módulos serão diferentes porém a conclusão permanecerá.
 - coeficientes iguais a 1 - idem para painel
 - para um outro navio teríamos outros valores para espessura, módulo e espaçamento mínimo, porém o aspecto da curva da figura será o mesmo.

ANEXO B

Manual para preparação dos dados de entrada do programa

1º cartão: neste cartão, deverão ser perfurados os nomes do navio e do problema, podendo ser perfuradas até as 80 colunas do cartão.

2º cartão: I, J, K formato: 3I5

I = código para o cálculo do material longitudinal da estrutura. (colunas 1 a 5)

I = 0 → não será calculado

I = 1 → será calculado, sendo gerada, automaticamente, a geometria interna da secção mestra, e posicionando, automaticamente, os enrijecedores longitudinais da estrutura.

I = 2 → será calculado, sendo dada a geometria interna da secção mestra, e posicionando, automaticamente os enrijecedores longitudinais da estrutura.

I = 3 → será calculado, sendo dados a geometria interna da secção mestra, e o posicionamento dos enrijecedores longitudinais da estrutura.

J = código para o cálculo da estrutura transversal

J = 0 → não será calculada

J = 1 → será calculada

K = código para o cálculo das anteparas de porão

K = 0 → não serão calculadas

K = 1 → serão calculadas, sendo geradas, automaticamente, as alturas dos caixões das anteparas corrugadas.

K = 2 → serão calculadas, sendo dadas as alturas dos caixões das anteparas corrugadas.

3º cartão: D_{WT} , V, Δ , L_T , L_{PP} , L_{WL} , L_E , B formato 8F10.0

D_{WT} = "Deadweight" (tons) (colunas 1 a 10)

V = velocidade (nós) (colunas 11 a 20)

Δ = deslocamento no calado de projeto (ton)
(colunas 21 a 30)

L_T = comprimento total (m) (colunas 31 a 40)

L_{PP} = comprimento entre perpendiculares (m)
(colunas 41 a 50)

L_{WL} = comprimento da linha d'água de verão (m)
(colunas 51 a 60)

L_E = comprimento estrutural (m) (colunas 61 a 70)

B = boca (m) (colunas 71 a 80)

- nota 1 -
- a) quando L_{PP} e L_{WL} são dados (ambos) e L_E não é dado, o programa calcula o valor de L_E definido pela Sociedade Classificadora e adota este valor.
 - b) quando L_{PP} e L_{WL} são dados (ambos) e L_E também é dado, o programa calcula o valor de L_E definido pela Sociedade Classificadora e compara com o valor dado. Se a diferença for maior que 0.5% do valor dado, o programa adota para L_E , o valor calculado. Se a diferença for menor que 0.5% do valor dado, é adotado para L_E , o valor dado.
 - c) quando L_{PP} ou L_{WL} ou ambos não são dados, o programa não calcula o valor de L_E definido pela Sociedade Classificadora.

4º cartão: D, H, C_B , F

formato: 4F10.0

- D = pontal (m) (colunas 1 a 10)
 H = calado de projeto (m) (colunas 11 a 20)
 C_B = coeficiente de bloco no calado de projeto
 (colunas 21 a 30)
 F = menor fator de estiva da carga que o navio pode
 rá transportar (m^3/ton) (colunas 31 a 40)

5º cartão: h_s

formato: F10.0

- h_s = altura do suspiro dos tanques, acima do convés
 ao lado (mm) (colunas 1 a 10)

nota 2 - se $h_s = 0$, é arbitrado pelo programa o valor

$$h_s = 2000.$$

6º cartão: σ_{yc} , σ_{yF} , σ_{yH} , l_{ch} , t_{ec} , t_{ar}

formato: 6F10.0

- σ_{yc} = tensão de escoamento do aço na região do convés
 (kg/mm^2) (colunas 1 a 10)
 σ_{yF} = tensão de escoamento do aço na região do fundo
 (kg/mm^2) (colunas 11 a 20)
 σ_{yH} = tensão de escoamento do aço na região de meio -
 pontal, ou seja, entre as regiões do convés e -
 do fundo (kg/mm^2) (colunas 21 a 30)
 l_{ch} = largura das chapas disponíveis (mm)
 (colunas 31 a 40)
 t_{ec} = limite máximo para o arredondamento de espessu-
 ras de chapas a inferior. Se o valor da espes-
 sura da chapa calculada pelo programa é menor
 ou igual ao valor da espessura padrão (t_i) mais
 este valor (t_{ec}), a espessura calculada é arre-
 dondada para o valor da espessura padrão t_i .
 (mm) (colunas 41 a 50)

t_{ar} = valor do incremento para as espessuras de chapas padrão. A diferença entre dois valores consecutivos de espessuras de chapas é igual a t_{ar} . (mm) (colunas 51 a 60)

nota 3 - se o material do convés, fundo ou meio pontal for aço médio, assumir a tensão de escoamento do aço médio igual a 25 kg/mm^2 .

7º cartão: i_e formato: 10

i_e = número de valores que constam na tabela de espessura de chapas padrão (colunas 1 a 10)

nota 4 - quando i_e é diferente de zero, o valor de t_{ar} da do no 6º cartão, não é considerado. E, quando i_e é igual a zero os cartões correspondentes ao 8º cartão deste manual devem ser omitidos.

8º cartão. $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_{ie}$ formato 16F5.0

t_1 = primeiro valor da espessura de chapa padrão (mm) (colunas 1 a 5)

t_2 = segundo valor da espessura de chapa padrão (mm) (colunas 6 a 10)

t_i = i-ésimo valor da espessura de chapa padrão (mm)

t_{ie} = último valor da espessura de chapa padrão (mm)

nota 5 - deverão ser perfurados os valores das espessuras de chapas padrão, em ordem crescente, reservando se 5 colunas para cada valor. Ao chegar à coluna 80 de um cartão, passe para outro cartão, utilizando tantos cartões quantos forem necessários.

Lembre-se que se i_e for igual a zero, estes cartões devem ser omitidos.

9º cartão: $I_{B_1}, I_{B_2}, \dots, I_{B_{38}}$ formato: 38I1

I_{B_i} = código indicativo da disponibilidade ou não do $i^{\text{ésimo}}$ perfil do arquivo de perfís do tipo BULBO - DIN. Para identificar o perfil, consulte o anexo C. Para identificar o código, veja a nota 6.

(use uma coluna para cada valor)

nota 6 - I_{X_i} = código indicativo da disponibilidade ou não do $i^{\text{ésimo}}$ perfil do arquivo X

$I_{X_i} = 0$ o perfil é disponível

$I_{X_i} = 1$ o perfil não é disponível

Quando $I_{X_1} = 2$, todo o arquivo X de perfís não é disponível.

10º cartão: $I_{CD_1}, I_{CD_2}, \dots, I_{CD_{80}}$ formato 80I1

I_{CD_i} = código indicativo da disponibilidade ou não do $i^{\text{ésimo}}$ perfil do arquivo de perfís do tipo CANTONEIRA-DIN. Para identificar o perfil, consulte o anexo C. Para identificar o código veja a nota 6 (use uma co-luna para cada valor).

nota 7 - quando o valor de I_{CD1} for igual a 2, omitir o 11º cartão.

11º cartão: $I_{CD_{81}}, I_{CD_{82}}, \dots, I_{CD_{128}}$ formato 48I1

I_{CD_i} = veja 10º cartão. Lembre-se que se

$I_{CD_1} = 2$, este cartão deve ser omitido.

12º cartão: $I_{CA_1}, I_{CA_2}, \dots, I_{CA_{80}}$ formato 80I1

I_{CA_i} = código indicativo da disponibilidade ou não do i-ésimo perfil do arquivo de perfis do tipo CANTONEIRA-STM. Para identificar o perfil, consulte o anexo C. Para identificar o código veja a nota 6. (use uma coluna para cada valor)

nota 8 - quando o valor de I_{CA_1} for igual a 2, omitir o 13º cartão.

13º cartão: $I_{CA_{81}}, I_{CA_{82}}, \dots, I_{CA_{126}}$ formato 46I1

I_{CA_i} = veja 12º cartão. Lembre-se que se I_{CA_1}

= 2. Este cartão deve ser omitido.

nota 9 - quando $I = 1$, omitir os: 14º cartão até o 20º cartão.

14º cartão: $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8$ formato 8F10.0
(veja figura 8)

b_1 = altura do duplo fundo (mm) (colunas 1 a 10)

- b_2 = largura do duplo fundo (mm) (colunas 11 a 20)
 b_3 = largura da abertura da escotilha (mm) (colunas 21 a 30)
 b_4 = ângulo de inclinação da antepara do tanque de asa inferior (graus) (colunas 31 a 40)
 b_5 = ângulo de inclinação da antepara do tanque de asa superior (graus) (colunas 41 a 50)
 b_6 = flexa do convés principal no limite da escotilha (mm) (colunas 51 a 60)
 b_7 = altura da parte vertical da antepara do tanque de asa superior (mm) (colunas 61 a 70)
 b_8 = raio de curvatura do cintado. Quando a concordância entre o convés e o cintado for na forma de canto vivo, fazer $b_8 = 0$. (mm) (colunas 71 a 80)

15º cartão: $b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{15}, b_{16}$
(veja figura 8)

- b_9 = raio do bojo (mm) (colunas 1 a 10)
 b_{10} = largura da parte horizontal da antepara do tanque da asa superior. Quando não existir esta parte da antepara, fazer $b_{10} = 0$. (mm) (colunas 11 a 20)
 b_{11} = largura do cintado (mm) (colunas 21 a 30)
 b_{12} = largura da chapa quilha horizontal (mm) (colunas 31 a 40)
 b_{13} = distância de antepara diafragma longitudinal do tanque da asa superior ao costado.

Quando não existir esta anteparo, fazer

$b_{13} = 0$. (mm) (colunas 41 a 50)

b_{14} = largura da quilha duto. Quando a quilha central for singela, fazer $b_{14} = 0$ (mm) (colunas 51 a 60)

b_{15} = altura do costado no tanque da asa inferior (mm) (colunas 61 a 70)

b_{16} = altura do costado no porão (mm) (colunas 71 a 80)

nota 9 - Quando b_{15} for igual a zero, serão calculados pelo programa os valores de b_{15} , b_{16} , b_{17} , b_{18} , b_{19} e b_{20} , devendo, portanto, ser omitido o 16º cartão.

16º cartão: b_{17} , b_{18} , b_{19} , b_{20} formato 4F10.0
(veja figura 8)

b_{17} = altura do costado no tanque da asa superior (mm) (colunas 1 a 10)

b_{18} = largura do convés - um bordo apenas (mm) (colunas 11 a 20)

b_{19} = largura da anteparo do tanque da asa superior (mm) (colunas 21 a 30)

b_{20} = largura da anteparo do tanque da asa inferior (mm) (colunas 31 a 40)

nota 10 - lembre-se que se $b_{15} = 0$, este cartão deve ser omitido.

nota 11 - quando I for igual a 0, 1 ou 2 omitir os cartões de 17º até o 20º.

17º cartão: s_1, s_2, \dots, s_{42} formato 8F10.0
(veja figura 9)

Perfurar o valor de s_1 nas colunas 1 a 10, em seguida perfurar o valor de s_2 nas colunas 11 a 20, e assim sucessivamente. Ao chegar à coluna 80 de um cartão passe para outro cartão. Serão utilizados, portanto, 6 cartões.

nota 12 - unidade para os valores de $s_i \rightarrow$ mm

18º cartão: S_1, S_2, S_3 formato 3F10.0

S_1 = espaçamento entre hastilhas e entre anéis transversais no tanque de asa inferior (mm)
(colunas 1 a 10)

S_2 = espaçamento entre cavernas no porão (mm)
(colunas 11 a 20)

S_3 = espaçamento entre anéis transversais no tanque de asa superior (mm) (colunas 21 a 30)

19º cartão: $N_1, N_2, N_3, M_1, M_2, \dots, M_2, \dots, M_{10}$
formato 13I5

N_1 = número de quilhas laterais em cada bordo do navio no duplo fundo, incluindo a quilha limite entre o duplo fundo e o tanque de asa inferior e excluindo a quilha central ou as quilhas limites da quilha duto quando esta existir. (colunas 1 a 5)

N_2 = número de fiadas de chapas na antepara do tanque de asa superior, em cada bordo.
(colunas 6 a 10)

- N_3 = número de fiadas de chapas na antepara do tanque de asa inferior, em cada bordo. (colunas 11 a 15)
- M_1 = número de longitudinais no convés, em cada bordo (colunas 16 a 20)
- M_2 = número de longitudinais no fundo no duplo fundo, em cada bordo (colunas 21 a 25)
- M_3 = número de longitudinais no fundo no tanque de asa inferior, em cada bordo (colunas 26 a 30)
- M_4 = número de longitudinais no teto do duplo fundo em cada bordo (colunas 31 a 35)
- M_5 = número de longitudinais no costado no tanque de asa superior, em cada bordo (colunas 36 a 40)
- M_6 = número de longitudinais na antepara do tanque de asa superior, em cada bordo (colunas 41 a 45)
- M_7 = número de longitudinais no costado no tanque de asa inferior, em cada bordo (colunas 46 a 50)
- M_8 = número de longitudinais no bojo, em cada bordo (colunas 51 a 55)
- M_9 = número de longitudinais na antepara do tanque de asa inferior, em cada bordo. (colunas 56 a 60)
- M_{10} = número de longitudinais na antepara diafragma longitudinal do tanque de asa superior, em cada bordo. Quando não existir, esta antepara, fazer $M_{10} = 0$. (colunas 61 a 65)

20º cartão: $l_{s_1}, l_{s_2}, l_{i_1}, l_{i_2}$

l_{s_1} = largura da primeira fiada de chapa na antetepara do tanque de asa superior (a fiada de chapa mais próxima ao costado).
(mm) (colunas 1 a 10)

l_{s_2} = largura da última fiada de chapa na antetepara do tanque de asa superior (a fiada de chapa mais próxima à escotilha) (mm)
(colunas 11 a 20)

l_{i_1} = largura da primeira fiada de chapa na antetepara do tanque de asa inferior (a fiada de chapa junto ao teto do duplo fundo)
(mm) colunas 21 a 30)

l_{i_2} = largura da última fiada de chapa na antetepara do tanque de asa inferior (a fiada de chapa junto ao costado) (mm) (colunas 31 a 40)

nota 13 - quando I for igual a 0, omitir os: 21º até 22º cartão.

21º cartão: $l_p, w, A, M_f, Z_{RC}, Z_{RF}$ formato 6F10.0

l_p = comprimento do maior porão de carga (m)
(colunas 1 a 10)

w = (peso da carga no porão), devendo ser calculado o valor de w para cada porão de carga e fornecer ao programa o maior dentre eles (ton/m^3) (colunas 11 a 20)

A = (área de longitudinais no convés), quando (área de chapa no convés)

A for igual a zero, o programa fará $A = 0,4$.

(colunas 21 a 30)

M_f = máximo momento fletor na viga navio em águas tranquilas (ton . m) (colunas 31 a 40)

Z_{RC} = módulo de resistência requerido para a viga navio no convés (cm^3) (colunas 41 a 50)

Z_{RF} = módulo de resistência requerido para a viga navio no fundo (cm^3) (colunas 51 a 60)

- nota 14 - a) quando Z_{RC} ou Z_{RF} , ou ambos forem iguais a zero, o programa calculará os módulos de resistência requeridos pela Sociedade Classificadora, devendo neste caso ser dado o valor M_f .
- b) quando Z_{RC} e Z_{RF} forem diferentes de zero. o programa não calculará os módulos de resistência requeridos pela Sociedade Classificadora, podendo neste caso, não ser dado o valor de M_f .

22º cartão: m_1, m_2, \dots, m_9 formato 915

m_1 = especificação para os perfís do fundo no duplo fundo (colunas 1 a 5).

m_2 = especificação para os perfís do fundo no tanque de asa inferior (colunas 6 a 10)

m_3 = especificação para os perfís do teto do duplo fundo (colunas 11 a 15)

m_4 = especificação para os perfís do costado no tanque de asa superior (colunas 16 a 20)

m_5 = especificação para os perfís da antepara do tanque de asa superior (colunas 21 a 25)

m_6 = especificação para os perfís do costado no tanque de asa inferior (colunas 26 a 30)

m_7 = especificação para os perfís do bojo (colunas 31 a 35)

m_8 = especificação para os perfís da antepara do tanque de asa superior (colunas 36 a 40)

m_9 = especificação para os perfís da antepara diafragma longitudinal no tanque de asa superior.

Quando não existir esta antepara, fazer $m_9 = 0$

nota 15 - m_i = indica o tipo de perfil especificado para cada painel de chapa.

$m_i = -1$ serão adotados perfís construídos

$m_i = 0$ não há especificação do tipo de perfil, neste caso, o programa adotará perfís do tipo BULBO-DIN

$m_i = 1$ serão adotados perfís do tipo CANTONEIRA - DIN

$m_i = 2$ serão adotados perfís do tipo BULBO-DIN

$m_i = 3$ serão adotados perfís do tipo CANTONEIRA - AISC

nota 16 - os perfís do convés serão sempre do tipo BARRA CHATA.

nota 17 - quando o maior perfil disponível no arquivo de perfís especificado, não fornecer um módulo de resistência associado à chapa colaborante, maior ou igual ao requerido pela Sociedade Classifi

θ_{p1} = valor mínimo para o ângulo do corrugo da antepara corrugada limite de porão (graus) (colunas 61 a 70)

θ_{p2} = valor máximo para o ângulo do corrugo da antepara corrugada limite de porão (graus) (colunas 71 a 80)

nota 20 - caso deseje-se fixar uma ou até duas das dimensões de antepara corrugada (largura do corrugo, profundidade do corrugo, espessura da chapa, ângulo do corrugo), fazer o valor mínimo correspondente igual ao valor máximo.

25º cartão: $b_{t1}, b_{t2}, d_{t1}, d_{t2}, t_{t1}, t_{t2}, \theta_{t1}, \theta_{t2}$

b_{t1} = valor mínimo para a largura de corrugo da antepara corrugada limite de tanque - porão de lastro (mm) (colunas 1 a 10)

b_{t2} = valor máximo para a largura do corrugo da antepara corrugada limite de tanque - porão de lastro (mm) (colunas 11 a 20)

d_{t1} = valor mínimo para a profundidade do corrugo da antepara corrugada limite de tanque - porão de lastro (mm) (colunas 21 a 30)

d_{t2} = valor máximo para a profundidade do corrugo da antepara corrugada limite de tanque - porão de lastro (mm) (colunas 31 a 40)

t_{t1} = valor mínimo para a espessura da chapa da antepara corrugada limite de tanque-porão de lastro (mm) (colunas 41 a 50)

t_{t2} = valor máximo para a espessura da chapa da antepara corrugada limite de tanque-porão de lastro (mm) (colunas 51 a 60)

θ_{t1} = valor mínimo para o ângulo do corrugo da antepara corrugada limite de tanque-porão de lastro (mm) (colunas 61 a 70)

θ_{t2} = valor máximo para o ângulo do corrugo da antepara corrugada limite de tanque-porão de lastro (mm) (colunas 71 a 80)

nota 21 - quando K for igual a 1 omitir o 26º cartão

26º cartão: h_{pi} , h_{ps} , h_{ti} , h_{ts} formato 4F10.0

h_{pi} = altura do caixão inferior da antepara corrugada limite do porão (mm) (colunas 1 a 10)

h_{ps} = altura do caixão superior da antepara corrugada limite de porão (mm) (colunas 11 a 20)

h_{ti} = altura do caixão inferior da antepara corrugada limite de tanque-porão de lastro (mm) (colunas 21 a 30)

h_{ts} = altura do caixão superior da antepara corrugada limite de tanque-porão de lastro (mm) (colunas 21 a 30)

nota 22 - os dados correspondentes a números reais (formato F), podem ser perfurados em qualquer posição dentro do campo indicado, devendo ser perfurado o ponto decimal.

nota 23 - os dados correspondentes a número inteiros (formato I), devem ser perfurados de tal forma que o algarismo das unidades coincida com a última coluna do campo especificado.

nota 24 - quando um dado qualquer em um cartão for omi
tido deixar em branco as colunas corresponde
ntes àquele dado.

ANEXO C

Tabelas dos perfís laminados dos arquivos

Neste anexo, temos, nas páginas A-24 até A-30, nas tabelas com as dimensões nominais e as propriedades geométricas - dos perfís apenas, que constam dos arquivos de perfís laminados.

- notas :
- (a) a altura do perfil corresponde à distancia entre o ponto onde ele será soldado à chapa até a extremidade de seu flange.
 - (b) a posição da linha neutra do perfil corresponde à distancia entre o ponto onde ele será soldado à chapa até a linha neutra do perfil apenas.
 - (c) os perfís do tipo BULBO da norma DIN, estão na página A-24
os perfís do tipo CANTONEIRA da norma -
DIN, estão nas páginas A-25 até A-27
os perfís do tipo CANTONEIRA da norma -
ASTM, estão nas páginas A-28 até A-30

PERFIS TIPO - BULBO DA NORMA DIN

NUMERO	DIMENSOES NOMINAIS	PROPRIEDADES GEOMETRICAS DO PERFIL			
		ALTURA	AREA	MOMENTO DE INERCIA	POSICAO DA LINHA NEUTRA
		(CM)	(CM**2)	(CM**4)	(CM)
1	80 x 5	8,00	5,400	33,800	4,89
2	80 x 7	8,00	7,000	43,300	4,89
3	100 x 6	10,00	7,740	76,100	5,98
4	100 x 7	10,00	8,740	85,300	5,87
5	120 x 6	12,00	9,310	133,000	7,20
6	120 x 8	12,00	11,700	164,000	6,96
7	140 x 7	14,00	12,600	241,000	8,31
8	140 x 8	14,00	13,800	266,000	8,18
9	160 x 7	16,00	14,600	373,000	9,86
10	160 x 8	16,00	16,200	411,000	9,49
11	160 x 9	16,00	17,800	448,000	9,36
12	180 x 8	18,00	18,900	609,000	10,90
13	180 x 10	18,00	22,500	717,000	10,60
14	200 x 9	20,00	23,600	941,000	12,10
15	200 x 11	20,00	27,600	1090,000	11,80
16	220 x 9	22,00	28,300	1360,000	13,90
17	200 x 12	20,00	29,600	1160,000	11,70
18	220 x 11	22,00	31,200	1500,000	13,20
19	240 x 10	24,00	32,400	1860,000	14,70
20	220 x 12	22,00	33,400	1590,000	13,00
21	240 x 12	24,00	37,300	2130,000	14,40
22	260 x 10	26,00	37,900	2540,000	16,60
23	260 x 12	26,00	41,300	2770,000	15,80
24	280 x 11	28,00	42,600	3330,000	17,40
25	280 x 12	28,00	45,500	3550,000	17,20
26	300 x 11	30,00	46,700	4190,000	18,90
27	300 x 12	30,00	49,700	4460,000	18,70
28	300 x 13	30,00	52,800	4720,000	18,50
29	320 x 12	32,00	54,200	5530,000	20,10
30	320 x 13	32,00	57,400	5850,000	19,90
31	340 x 12	34,00	58,800	6760,000	21,50
32	340 x 13	34,00	62,200	7160,000	21,30
33	370 x 13	37,00	69,600	9470,000	23,50
34	370 x 15	37,00	77,000	*****	23,00
35	400 x 14	40,00	81,400	*****	25,50
36	400 x 16	40,00	89,400	*****	25,00
37	430 x 15	43,00	94,100	*****	27,40
38	430 x 17	43,00	103,000	*****	26,90

PERFIS TIPO - CANTONEIRA DA NORMA DIN

NUMERO	DIMENSOES NOMINAIS	PROPRIEDADES GEOMETRICAS DO PERFIL			
		ALTURA (CM)	AREA (CM**2)	MOMENTO DE INERCIA (CM**4)	POSICAO DA LINHA NEUTRA (CM)
1	60 X 30 X 5	6,00	4,290	15,600	3,85
2	60 X 40 X 5	6,00	4,790	17,200	4,04
3	65 X 50 X 5	6,50	5,540	23,100	4,51
4	60 X 40 X 6	6,00	5,680	20,100	4,00
5	60 X 60 X 5	6,00	5,820	19,400	4,36
6	60 X 30 X 7	6,00	5,850	20,700	3,76
7	75 X 50 X 5	7,50	6,040	34,400	5,10
8	75 X 55 X 5	7,50	6,300	35,500	5,19
9	60 X 40 X 7	6,00	6,550	23,000	3,96
10	80 X 40 X 6	8,00	6,890	44,900	5,15
11	60 X 60 X 6	6,00	6,910	22,800	4,31
12	65 X 65 X 6	6,50	7,530	29,200	4,70
13	65 X 50 X 7	6,50	7,600	31,000	4,43
14	70 X 70 X 6	7,00	8,130	36,900	5,07
15	75 X 50 X 7	7,50	8,300	46,400	5,02
16	80 X 65 X 6	8,00	8,410	52,800	5,61
17	75 X 55 X 7	7,50	8,660	47,900	5,10
18	90 X 60 X 6	9,00	8,690	71,700	6,11
19	65 X 65 X 7	6,50	8,700	33,400	4,65
20	100 X 50 X 6	10,00	8,730	89,700	6,51
21	75 X 75 X 6	7,50	8,750	45,600	5,46
22	80 X 40 X 8	8,00	9,010	57,600	5,06
23	60 X 60 X 8	6,00	9,030	29,100	4,23
24	70 X 70 X 7	7,00	9,400	42,400	5,03
25	65 X 50 X 9	6,50	9,580	38,200	4,35
26	65 X 65 X 8	6,50	9,850	37,500	4,61
27	75 X 75 X 7	7,50	10,100	52,400	5,41
28	75 X 50 X 9	7,50	10,500	57,400	4,94
29	80 X 80 X 7	8,00	10,800	64,200	5,79
30	75 X 55 X 9	7,50	10,900	59,400	5,03
31	65 X 65 X 9	6,50	11,000	41,300	4,57
32	80 X 65 X 8	8,00	11,000	68,100	5,53
33	60 X 60 X 10	6,00	11,100	34,900	4,15
34	90 X 75 X 7	9,00	11,100	88,100	6,33
35	100 X 65 X 7	10,00	11,200	113,000	6,77
36	90 X 60 X 8	9,00	11,400	92,500	6,03
37	75 X 75 X 8	7,50	11,500	58,900	5,37
38	100 X 50 X 8	10,00	11,500	116,000	6,41
39	70 X 70 X 9	7,00	11,900	52,600	4,95
40	100 X 75 X 7	10,00	11,900	118,000	6,94
41	80 X 80 X 8	8,00	12,300	72,300	5,74
42	65 X 65 X 11	6,50	13,200	48,800	4,50
43	80 X 65 X 10	8,00	13,600	82,200	5,45
44	90 X 90 X 8	9,00	13,900	104,000	6,50
45	75 X 75 X 10	7,50	14,100	71,400	5,29
46	100 X 50 X 10	10,00	14,100	141,000	6,33
47	100 X 65 X 9	10,00	14,200	141,000	6,68
48	70 X 70 X 11	7,00	14,300	61,800	4,87
49	80 X 80 X 10	8,00	15,100	87,500	5,66
50	100 X 75 X 9	10,00	15,100	148,000	6,85

PERFIS TÍPICOS - CANTONEIRA DA NORMA DIN

NÚMERO	DIMENSÕES NOMINAIS	PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DO PERFIL			
		ALTURA (CM)	ÁREA (CM**2)	MOMENTO DE INÉRCIA (CM**4)	POSICÃO DA LINHA NEUTRA (CM)
51	130 x 65 x 8	13,00	15,100	263,000	8,44
52	90 x 90 x 9	9,00	15,500	116,000	6,46
53	100 x 100 x 8	10,00	15,500	145,000	7,26
54	120 x 80 x 8	12,00	15,500	226,000	8,17
55	130 x 75 x 8	13,00	15,900	276,000	8,64
56	75 x 75 x 12	7,50	16,700	82,400	5,21
57	100 x 65 x 11	10,00	17,100	167,000	6,60
58	80 x 80 x 12	8,00	17,900	102,000	5,59
59	100 x 75 x 11	10,00	18,200	176,000	6,77
60	130 x 65 x 10	13,00	18,600	321,000	6,35
61	90 x 90 x 11	9,00	18,700	138,000	6,38
62	120 x 80 x 10	12,00	19,100	276,000	8,08
63	100 x 100 x 10	10,00	19,200	177,000	7,18
64	150 x 75 x 9	15,00	19,500	455,000	9,72
65	130 x 75 x 10	13,00	19,600	337,000	8,55
66	80 x 80 x 14	8,00	20,600	115,000	5,52
67	110 x 110 x 10	11,00	21,200	239,000	7,93
68	130 x 90 x 10	13,00	21,200	358,000	8,85
69	90 x 90 x 13	9,00	21,800	158,000	6,30
70	130 x 65 x 12	13,00	22,100	376,000	8,26
71	100 x 100 x 12	10,00	22,700	207,000	7,10
72	120 x 80 x 12	12,00	22,700	323,000	8,00
73	150 x 90 x 10	15,00	23,200	532,000	10,01
74	160 x 80 x 10	16,00	23,200	611,000	10,37
75	130 x 75 x 12	13,00	23,300	395,000	8,47
76	150 x 75 x 11	15,00	23,600	545,000	9,63
77	150 x 100 x 10	15,00	24,200	552,000	10,20
78	110 x 110 x 12	11,00	25,100	280,000	7,85
79	130 x 90 x 12	13,00	25,100	420,000	8,76
80	120 x 120 x 11	12,00	25,400	341,000	8,64
81	100 x 100 x 14	10,00	26,200	235,000	7,02
82	120 x 80 x 14	12,00	26,200	368,000	7,92
83	180 x 90 x 10	18,00	26,200	880,000	11,72
84	90 x 90 x 16	9,00	26,400	186,000	6,19
85	120 x 120 x 12	12,00	27,500	368,000	8,60
86	150 x 90 x 12	15,00	27,500	626,000	9,92
87	160 x 80 x 12	16,00	27,500	720,000	10,28
88	150 x 100 x 12	15,00	28,700	650,000	10,11
89	110 x 110 x 14	11,00	29,000	319,000	7,79
90	200 x 100 x 10	20,00	29,200	1220,000	13,07
91	100 x 100 x 16	10,00	29,600	262,000	6,94
92	120 x 120 x 13	12,00	29,700	394,000	8,56
93	130 x 130 x 12	13,00	30,000	472,000	9,36
94	180 x 90 x 12	18,00	31,200	1040,000	11,63
95	160 x 80 x 14	16,00	31,800	823,000	10,19
96	150 x 100 x 14	15,00	33,200	744,000	10,03
97	250 x 90 x 10	25,00	33,200	2170,000	15,55
98	120 x 120 x 15	12,00	33,900	446,000	8,49
99	130 x 130 x 14	13,00	34,700	540,000	9,28
100	150 x 150 x 12	15,00	34,800	737,000	10,88

PERFIS TIPO - CANTONEIRA DA NORMA DIN

NUMERO	DIMENSÕES NOMINAIS	PROPRIEDADES GEOMETRICAS DO PERFIL			
		ALTURA	AREA	MOMENTO DE INERCIA	POSICAO DA LINHA NEUTRA
		(CM)	(CM**2)	(CM**4)	(CM)
101	200 x 100 x 12	20,00	34,800	1440,000	12,97
102	140 x 140 x 13	14,00	35,000	638,000	10,08
103	180 x 90 x 14	18,00	36,100	1190,000	11,54
104	100 x 100 x 20	10,00	36,200	311,000	6,80
105	130 x 130 x 16	13,00	39,300	605,000	9,20
106	250 x 90 x 12	25,00	39,600	2570,000	15,45
107	140 x 140 x 15	14,00	40,000	723,000	10,00
108	150 x 150 x 14	15,00	40,300	845,000	10,79
109	200 x 100 x 14	20,00	40,300	1650,000	12,88
110	150 x 150 x 15	15,00	43,000	898,000	10,75
111	150 x 150 x 16	15,00	45,700	949,000	10,71
112	200 x 100 x 16	20,00	45,700	1860,000	12,80
113	250 x 90 x 14	25,00	45,900	2960,000	15,35
114	160 x 160 x 15	16,00	46,100	1100,000	11,51
115	150 x 150 x 18	15,00	51,000	1050,000	10,64
116	160 x 160 x 17	16,00	51,800	1230,000	11,43
117	250 x 90 x 16	25,00	52,100	3330,000	15,26
118	180 x 180 x 16	18,00	55,400	1680,000	12,98
119	150 x 150 x 20	15,00	56,300	1150,000	10,56
120	160 x 160 x 19	16,00	57,500	1350,000	11,35
121	200 x 200 x 16	20,00	61,800	2340,000	14,48
122	180 x 180 x 18	18,00	61,900	1870,000	12,90
123	180 x 180 x 20	18,00	68,400	2040,000	12,82
124	200 x 200 x 18	20,00	69,100	2600,000	14,40
125	180 x 180 x 22	18,00	74,700	2210,000	12,74
126	200 x 200 x 20	20,00	76,400	2850,000	14,32
127	200 x 200 x 24	20,00	90,600	3330,000	14,16
128	200 x 200 x 28	20,00	105,000	3780,000	14,01

PERFIS TIPO - CANTONEIRA DA NORMA ASTM

NUMERO	DIMENSÕES NOMINAIS				PROPRIEDADES GEOMETRICAS DO PERFIL						
					ALTURA	AREA	MOMENTO DE INERCIA	POSICAO DA LINHA NEUTRA			
					(CM)	(CM**2)	(CM**4)	(CM)			
1	3	x	2	x	3/16	7.62	5.819	35.047			
2	3	x	2	1/2	x	3/16	7.62	6.426	37.752	5.16	
3	3	x	3	x	3/16	7.62	7.032	40.041	5.36		
4	3	x	2	x	1/4	7.62	7.677	45.369	5.54		
5	3	x	2	1/2	x	1/4	7.62	8.452	48.699	5.10	
6	3	x	3	x	1/4	7.62	9.290	51.813	5.31		
7	3	1/2	x	2	1/2	x	1/4	8.89	9.290	5.48	
8	3	x	2	x	5/16	7.62	9.419	74.922	6.07		
9	3	1/2	x	3	x	1/4	8.89	10.064	54.943	5.03	
10	3	x	2	1/2	x	5/16	7.62	10.452	79.500	6.25	
11	3	1/2	x	3	1/2	x	1/4	8.89	10.903	59.105	5.25
12	4	x	3	x	1/4	10.16	10.903	83.663	6.43		
13	3	x	2	x	3/8	7.62	11.161	115.296	7.01		
14	3	x	3	x	5/16	7.62	11.484	63.683	4.98		
15	3	1/2	x	2	1/2	x	5/16	8.89	11.484	62.851	5.41
16	4	x	3	1/2	x	1/4	10.16	11.677	91.155	5.99	
17	3	x	2	1/2	x	3/8	7.62	12.387	121.123	7.21	
18	3	1/2	x	3	x	5/16	8.89	12.452	69.094	5.19	
19	4	x	4	x	1/4	10.16	12.516	96.982	6.20		
20	5	x	3	x	1/4	12.70	12.516	126.534	7.39		
21	3	x	2	x	7/16	7.62	12.903	212.694	8.48		
22	5	x	3	1/2	x	1/4	12.70	13.290	72.008	4.93	
23	3	1/2	x	3	1/2	x	5/16	8.89	13.484	224.349	8.74
24	4	x	3	x	5/16	10.16	13.484	101.977	6.38		
25	3	x	3	x	3/8	7.62	13.613	140.686	6.96		
26	3	1/2	x	2	1/2	x	3/8	8.89	13.613	73.257	5.36
27	3	x	2	1/2	x	7/16	7.62	14.258	106.555	5.94	
28	3	x	2	x	1/2	7.62	14.516	78.252	5.14		
29	4	x	3	1/2	x	5/16	10.16	14.516	79.916	4.88	
30	3	1/2	x	3	x	3/8	8.89	14.516	148.178	7.16	
31	6	x	3	1/2	x	1/4	15.24	14.839	113.215	6.15	
32	4	x	4	x	5/16	10.16	14.903	368.781	10.19		
33	5	x	3	x	5/16	12.70	15.484	154.422	7.32		
34	3	x	3	x	7/16	7.62	15.484	260.561	8.43		
35	3	1/2	x	2	1/2	x	7/16	8.89	15.677	82.830	5.31
36	6	x	4	x	1/4	15.24	15.677	121.123	5.89		
37	3	1/2	x	3	1/2	x	3/8	8.89	15.742	385.847	10.84
38	4	x	3	x	3/8	10.16	16.000	119.458	6.33		
39	3	x	2	1/2	x	1/2	7.62	16.000	164.828	6.91	
40	5	x	3	1/2	x	5/16	12.70	16.129	86.576	5.08	
41	3	1/2	x	3	x	7/16	8.89	16.516	274.713	8.66	
42	4	x	3	1/2	x	3/8	10.16	17.097	129.032	6.10	
43	3	x	3	x	1/2	7.62	17.226	173.985	7.09		
44	3	1/2	x	2	1/2	x	1/2	8.89	17.742	92.403	5.25
45	4	x	4	x	3/8	10.16	17.742	134.859	5.84		
46	5	x	3	x	3/8	12.70	18.452	181.477	7.26		
47	3	1/2	x	3	1/2	x	7/16	8.89	18.452	306.763	8.38
48	4	x	3	x	7/16	10.16	18.516	135.691	6.28		
49	6	x	3	1/2	x	5/16	15.24	18.516	188.137	6.86	
50	3	1/2	x	3	x	1/2	8.89	16.516	453.692	10.14	
								143.600	6.02		

PERFIS TIPO - CANTONEIRA DA NORMA ASTM

NUMERO	DIMENSOES NOMINAIS				PROPRIEDADES GEOMETRICAS DO PERFIL						
					ALTURA	AREA	MOMENTO DE INERCIA	POSICAO DA LINHA NEUTRA			
					(CM)	(CM**2)	(CM**4)	(CM)			
51	5	x	5	x	5/16	12,70	19,548	308,844	9,22		
52	6	x	4	x	5/16	15,24	19,548	474,504	10,36		
53	5	x	3	1/2	x	3/8	12,70	19,677	323,828	8,61	
54	4	x	3	1/2	x	7/16	10,16	19,935	198,126	7,04	
55	3	1/2	x	3	1/2	x	1/2	8,89	20,968	151,508	6,20
56	4	x	3	x	1/2	10,16	20,968	210,197	6,78		
57	4	x	4	x	7/16	10,16	21,355	206,867	7,21		
58	5	x	3	x	7/16	12,70	21,355	350,883	8,31		
59	6	x	3	1/2	x	3/8	15,24	22,064	536,939	10,06	
60	4	x	3	1/2	x	1/2	10,16	22,581	221,435	6,99	
61	5	x	3	1/2	x	7/16	12,70	22,774	370,446	8,56	
62	5	x	5	x	3/8	12,70	23,290	363,786	9,17		
63	6	x	4	x	3/8	15,24	23,290	561,912	10,31		
64	6	x	6	x	5/16	15,24	23,548	541,101	11,39		
65	4	x	4	x	1/2	10,16	24,194	231,425	7,16		
66	5	x	3	x	1/2	12,70	24,194	393,339	8,26		
67	4	x	3	x	5/8	10,16	25,677	250,988	6,68		
68	7	x	4	x	3/8	17,78	25,677	857,437	11,78		
69	5	x	3	1/2	x	1/2	12,70	25,806	415,815	8,48	
70	5	x	5	x	7/16	12,70	26,968	416,231	9,12		
71	6	x	4	x	7/16	15,24	26,968	645,159	10,26		
72	4	x	3	1/2	x	5/8	10,16	27,742	265,140	6,88	
73	6	x	6	x	3/8	15,24	28,129	640,996	11,07		
74	6	x	3	1/2	x	1/2	15,24	29,032	690,944	9,96	
75	4	x	4	x	5/8	10,16	29,742	277,210	7,04		
76	7	x	4	x	7/16	17,78	29,806	986,468	11,71		
77	5	x	5	x	1/2	12,70	30,645	470,342	9,07		
78	6	x	4	x	1/2	15,24	30,645	724,243	10,19		
79	5	x	3	1/2	x	5/8	12,70	31,742	499,478	8,38	
80	6	x	6	x	7/16	15,24	32,645	736,730	11,02		
81	8	x	4	x	7/16	20,32	32,645	1419,349	13,13		
82	7	x	4	x	1/2	17,78	33,871	1111,338	11,63		
83	6	x	4	x	9/16	15,24	34,258	803,327	10,14		
84	4	x	4	x	3/4	10,16	35,097	319,250	6,93		
85	6	x	6	x	1/2	15,24	37,097	828,301	10,97		
86	8	x	4	x	1/2	20,32	37,097	1602,491	13,06		
87	5	x	3	1/2	x	3/4	12,70	37,484	578,562	8,26	
88	5	x	5	x	5/8	12,70	37,806	566,075	8,94		
89	6	x	4	x	5/8	15,24	37,806	878,248	10,08		
90	7	x	4	x	9/16	17,78	37,871	1232,045	11,58		
91	8	x	6	x	7/16	20,32	38,258	1631,627	14,10		
92	9	x	4	x	1/2	22,86	40,323	2214,351	14,45		
93	6	x	6	x	9/16	15,24	41,484	919,871	10,90		
94	8	x	4	x	9/16	20,32	41,484	1781,470	13,01		
95	7	x	4	x	5/8	17,78	41,806	1348,590	11,53		
96	8	x	6	x	1/2	20,32	43,548	1843,905	14,05		
97	5	x	5	x	3/4	12,70	44,774	653,483	8,84		
98	6	x	4	x	3/4	15,24	44,774	1019,767	9,96		
99	9	x	4	x	9/16	22,86	45,161	2459,928	14,40		
100	6	x	6	x	5/8	15,24	45,871	1007,280	10,85		

PERFIS TIPO - CANTONEIRA DA NORMA ASTM

NUMERO	DIMENSOES NOMINAIS				PROPRIEDADES GEOMETRICAS DO PERFIL			
					ALTURA (CM)	AREA (CM**2)	MOMENTO DE INERCIA (CM**4)	POSICAO DA LINHA NEUTRA (CM)
101	8	x	4	x 5/8	20,32	45,871	1952,125	12,93
102	8	x	6	x 9/16	20,32	48,774	2052,021	13,97
103	7	x	4	x 3/4	17,78	49,613	1573,355	11,41
104	9	x	4	x 5/8	22,86	49,871	2701,342	14,33
105	8	x	8	x 1/2	20,32	50,000	2022,885	14,76
106	5	x	5	x 7/8	12,70	51,484	740,892	8,71
107	6	x	4	x 7/8	15,24	51,484	1152,961	9,86
108	8	x	6	x 5/8	20,32	53,935	2251,812	13,92
109	6	x	6	x 3/4	15,24	54,452	1173,773	10,72
110	8	x	4	x 3/4	20,32	54,452	2285,111	12,83
111	8	x	8	x 9/16	20,32	56,000	2251,812	14,71
112	7	x	4	x 7/8	17,78	57,161	1785,633	11,30
113	9	x	4	x 3/4	22,86	59,290	3167,521	14,20
114	8	x	8	x 5/8	20,32	62,000	2472,415	14,66
115	6	x	6	x 7/8	15,24	62,774	1327,778	10,62
116	8	x	4	x 7/8	20,32	62,774	2601,446	12,70
117	8	x	6	x 3/4	20,32	64,129	2638,907	13,82
118	9	x	4	x 7/8	22,86	68,387	3612,889	14,10
119	6	x	6	x 1	15,24	70,968	1477,622	10,52
120	8	x	4	x 1	20,32	70,968	2896,971	12,57
121	8	x	8	x 3/4	20,32	73,548	2901,133	14,53
122	8	x	6	x 7/8	20,32	74,193	3009,353	13,69
123	9	x	4	x 1	22,86	77,419	4037,449	13,97
124	8	x	6	x 1	20,32	83,871	3363,150	13,59
125	8	x	8	x 7/8	20,32	85,161	3313,202	14,43
126	8	x	8	x 1	20,32	96,774	3704,459	14,30

ANEXO - D

ESTE ANEXO-D, CONTEM A LISTAGEM DE PROGRAMA

```

COMMON/GERAL/ALFA(25),BETA(20),GAMA1(43),GAMA2(3),DELTA(26),RDELTA
1(16),CHA(37,4),PER(85,6),EPE(50),ETA(32),AUX1(13),ALX2(26),CPER(85
2,4),IAUX1(10),IAUX2(3),IAUX3(10),IPERF(85),IPER(9)
COMMON/BDATA/BUD(156),ABUD(76),CTD(516),ACTD(384),CTA(508),ACTA(63
10),ICTD(128),IBUD(38),ICTA(126),IAP(18)
COMMON/VARIA/Z1,Z2,TMIN,DP1,TP1,CB4,SB4,CB5,SB5,ITE,ITR,KFIM
DIMENSION A(20),AA(630)
DIMENSION CON(5),NEP(5),CDI(5),BDI(5),CAT(5)
DIMENSION TQA(4),DPF(4)
DATA GER1,GER2,DD1,DD2,AMM,APD/' GER','ADD ',' DA','DO ',' MM ','
1' POL'/
DATA CON,NEP,CDI,BDI,CAT/'CONS','TRUI','DO ',' ',' ','NAO ','E
1SPE','CIFI','CADO',' ','CANT','ONEI','RA -','DIN',' ','BULB','D -
2 ','DIN ',' ','CANT','ONEI','RA -','AIS','C'/
DATA TQA,DPF/'TANG','UE D','E AS','A','DUP','LC F','UNDO',' '/
REAL L1,L2
1 READ(5,5,END=9000) (A(I),I=1,20)

5 FORMAT(20A4)
CALL ZERO
KFIM=0
WRITE(6,10)

10 FORMAT('1',2(/),36X,47('*'),/,36X,'*',45X,'*',/,36X,'* VALE DO RI
AO DOCE NAVEGACAO S/A = DOCENAVE *',/,36X,'*',45X,'*',/,36X,47('*'
B),7(/),31X,'MODELO DE SINTESE AUTOMATIZADA E OTIMIZADA DA ESTRUTUR
CA DE',/,33X,'NAVIOS TRANSPORTADORES DE GRANEIS SOLIDOS E COMBINAD
DOS',7(/),15X,'TRABALHO DESENVOLVIDO PELA FUNDACAO P/O DESENVOLVIME
ENTO TECNOLOGICO DA ENGENHARIA - FDTE ',/,15X,'EM CONJUNTO COM A
FESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SAO PAULO - EPUSP , COM O AU
GXILIO',/,33X,'DO BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO - BN
HDE',7(/),15X,'AUTOPES',53X,'COORDENADOR DA DOCENAVE',3(/),15X,'GAB
IRIEL LIMA DA SILVA DIAS FILHO',30X,'EDUARDO WINKLENSKI DE FRANCA',
J/,15X,'OTAVIO ERNESTO',3(/),77X,'ORIENTADOR',3(/),77X,'ELCIO DE S
KA FREITAS',7(/),23X,76('*'),/,23X,'*',74X,'*',/,23X,'* PROGRAMA =
L MEGRAN - MODELO DE SINTESE ESTRUTURAL DE NAVIOS GRANELEIROS *',/
M,23X,'*',74X,'*',/,23X,76('*'))
READ(5,15) (IAUX3(I),I=4,6),IMAT

15 FORMAT(16I5)
WRITE(6,20)

20 FORMAT('1',///,42X,'DADOS GERAIS FORNECIDOS AO PROGRAMA',8(/),5X,'
ACODIGO DO TIPO DE PROGAMACAO',4(/))

```



```

I=IAUX3(4)+1
GO TO (30,32,34,36),I
30 WRITE(6,31) IAUX3(4)
31 FORMAT(17X,I1,' - ESTRUTURA LONGITUDINAL - NAO CALCULA',/)
GO TO 40
32 WRITE(6,33) IAUX3(4)
33 FORMAT(17X,I1,' - ESTRUTURA LONGITUDINAL - CALCULA , GERANDO : A G
AOMETRIA INTERNA DA SECCAO',/,66X,'E O POSICIONAMENTO DOS ENRIGECE
BDORES',/)
GO TO 40
34 WRITE(6,35) IAUX3(4)
35 FORMAT(17X,I1,' - ESTRUTURA LONGITUDINAL - CALCULA , GERANDO APENA
AS O POSICIONAMENTO DOS ENRIGECEBDORES',/)
GO TO 40
36 WRITE(6,37) IAUX3(4)
37 FORMAT(17X,I1,' - ESTRUTURA LONGITUDINAL - CALCULA , SENDO FORNECI
ADOS TODOS OS DADOS NECESSARIOS',/)
40 I=IAUX3(5)+1
GO TO (41,43),I
41 WRITE(6,42) IAUX3(5)
42 FORMAT(17X,I1,' - ESTRUTURA TRANSVERSAL - NAO CALCULA',/)
GO TO 50
43 WRITE(6,44) IAUX3(5)
44 FORMAT(17X,I1,' - ESTRUTURA TRANSVERSAL - CALCULA',/)
50 I=IAUX3(6)+1
GO TO (51,53,55),I
51 WRITE(6,52) IAUX3(6)
52 FORMAT(17X,I1,' - ANTEPARAS ESTANQUES - NAO CALCULA',/)
GO TO 60
53 WRITE(6,54) IAUX3(6)
54 FORMAT(17X,I1,' - ANTEPARAS ESTANQUES - CALCULA - GERANDO A ALT
AURA DOS CAIXOES DAS ANTEPARAS',/)
GO TO 60
55 WRITE(6,56) IAUX3(6)
56 FORMAT(17X,I1,' - ANTEPARAS ESTANQUES - CALCULA , SENDO DADAS A
AS ALTURAS DOS CAIXOES DAS ANTEPARAS',/)
60 READ(5,70) ALFA(9),ALFA(10),ALFA(25),(ALFA(I),I=1,8),ALFA(11)
70 FORMAT(8F10.0)
IF(ALFA(2)) 71,79,71
71 IF(ALFA(3)) 72,79,72
72 IF(0.96*ALFA(3)-ALFA(2)) 74,73,73
73 X=0.96*ALFA(3)
GO TO 77
74 IF(0.97*ALFA(3)-ALFA(2)) 76,75,75
75 X=ALFA(2)
GO TO 77
76 X=0.97*ALFA(3)
77 IF(ABS(X-ALFA(4))-0.005*ALFA(4)) 79,79,78
78 ALFA(4)=X
AB1=GER1
AB2=GER2
GO TO 80
79 AB1=DD1
AB2=DD2
80 WRITE(6,90) (A(I),I=1,20),ALFA(1),ALFA(9),ALFA(2),ALFA(3),ALFA(10)
A,AB1,AB2,ALFA(4),ALFA(5),ALFA(25),ALFA(6),ALFA(7),ALFA(11),ALFA(8)
90 FORMAT(5X,5(/),8X,'DADOS GERAIS DO NAVIO - ',20A4,6(/),67X,'CUMPRI
AMENTO - TOTAL',20X,F7.3,' M',/,5X,'DEADWEIGHT',30X,F7.0,' TDW',/
B,81X,'ENTRE PERPENDICULARES',4X,F7.3,' M',/,81X,'NA LINHA L',1H',
C'AGUA DE VERAQ ',F7.3,' M',/,5X,'VELOCIDADE DE SERVICO',23X,F4.1,'

```

```

D NOS',/,81X,'ESTRUTURAL ('2A4,') ',F7.3,' M',/,67X,'BOCA',35
EX,F7.3,' M',/,5X,'DESLOCAMENTO NO CALADO DE CARGA MAXIMA ',F7.0,'
F TON',/,67X,'PONTAL',33X,F7.3,' M',/,67X,'CALADO NA CONDICAO DE
G CARGA MAXIMA ',F7.3,' M',/,5X,'MINIMO FATOR DE ESTIVA DA CARG
MA',11X,F5.2,' M**3/TON',/,67X,'COEFICIENTE DE BLOCO',21X,F5.3)
READ(5,70) AUX1(6)
L1=AMINI(ALFA(4),190.)
L2=AMINI(ALFA(4),250.)
IF(AUX1(6)) 105,100,105
100 AUX1(6)=2000.
105 READ(5,70) (AUX1(I),I=7,9),AUX1(1),AUX1(11),AUX1(10)
READ(5,15) IAUX3(2),IAUX3(3)
IF(IAUX3(3)) 115,119,115
115 IK1=IAUX3(3)
READ(5,118) (EPE(I),I=1,IK1)
118 FORMAT(16F5.0)
119 IF(IAUX3(2)) 125,120,125
120 AB1=AMM
GO TO 130
125 AB1=APO
130 WRITE(6,140) AUX1(6),(AUX1(I),I=7,9),AUX1(1),AB1,AUX1(11),AB1
140 FORMAT('1',/,/,50X,'DADOS COMPLEMENTARES',6(/),5X,'ALTURA DO SUSPI
ARO DOS TANQUES - ACIMA DO CONVES AO LADO',13X,F5.0,4X,'MM',/,/,5X,
B'TENSAO DE ESCOAMENTO P/D ACO DO MATERIAL DO : CONVES',19X,F5.2,'
C KG/MM**2',/,/,51X,'FUNDO',20X,F5.2,' KG/MM**2',/,/,51X,'A MEIO PON
DTAL',12X,F5.2,' KG/MM**2',/,/,5X,'LARGURA DAS CHAPAS DISPONIVEIS'
E,39X,F5.0,3X,A4,/,/,5X,'LIMITE MAXIMO P/O ARREDONDAMENTO DE ESPESSU
FRAS A INFERIOR',15X,F5.3,A4,/)
DO 142 I=7,9
142 AUX1(I)=AMAX1(25./AUX1(I),0.725)
IF(IAUX3(3)) 145,148,145
145 WRITE(6,147) AB1,(EPE(I),I=1,IK1)
147 FORMAT(5X,'TABELA DE ESPESSURAS DE CHAPAS DISPONIVEIS ( UNIDADES =
A',A4,') : ',F6.3,4(' ; ',F6.3),/,65X,5(' ; ',F6.3),/,4(11X,10(' ;
B',F6.3)),/)
GO TO 151
148 WRITE(6,149) AUX1(10),AB1
149 FORMAT(5X,'INCREMENTO P/O ARREDONDAMENTO DE ESPESSURAS',29X,F5.3,A
A4)
151 READ(5,165) (IBUD(I),I=1,38)
IF(IBUD(1)=2) 154,152,154
152 DO 153 I=1,38
153 IBUD(I)=1
154 READ(5,165) (ICTD(I),I=1,80)
IF(ICTD(1)=2) 155,156,155
155 READ(5,165) (ICTD(I),I=81,128)
GO TO 158
156 DO 157 I=1,128
157 ICTD(I)=1
158 READ(5,165) (ICTA(I),I=1,80)
IF(ICTA(1)=2) 159,160,159
159 READ(5,165) (ICTA(I),I=81,126)
GO TO 168
160 DO 161 I=1,126
161 ICTA(I)=1
165 FORMAT(80I1)
168 WRITE(6,170)
170 FORMAT(5X,/,5X,'TABELA DOS PERFIS ESTRUTURAIS DISPONIVEIS')
IF(IBUD(1)=2) 171,180,171
171 J=0

```

```

DO 175 I=1,38
IF(IBUD(I)) 175,172,175
172 J=J+2
AA(J-1)=ABUD(2*I-1)
AA(J)=ABUD(2*I)
175 CONTINUE
IF(J) 177,180,177
177 WRITE(6,178) (AA(I),I=1,J)
178 FORMAT(5X,/,50X,'PERFIS - BULBO - DIN',/,4(4X,' ',10(A3,' X ',A2
A,' ; '),/))
180 IF(ICTD(1)-2) 181,190,181
181 J=0
DO 185 I=1,128
IF(ICTD(I)) 185,182,185
182 J=J+3
AA(J-2)=ACTD(3*I-2)
AA(J-1)=ACTD(3*I-1)
AA(J)=ACTD(3*I)
185 CONTINUE
IF(J) 187,190,187
187 WRITE(6,188) (AA(I),I=1,J)
188 FORMAT(5X,/,47X,'PERFIS - CANTONEIRA - DIN',/,22(8X,' ',6(A3,' X
A ',A3,' X ',A2,' ; '),/))
190 IF(ICTA(1)-2) 191,200,191
191 J=0
DO 195 I=1,126
IF(ICTA(I)) 195,192,195
192 J=J+5
AA(J-4)=ACTA(5*I-4)
AA(J-3)=ACTA(5*I-3)
AA(J-2)=ACTA(5*I-2)
AA(J-1)=ACTA(5*I-1)
AA(J)=ACTA(5*I)
195 CONTINUE
IF(J) 197,200,197
197 WRITE(6,198) (AA(I),I=1,J)
198 FORMAT(5X,/,47X,'PERFIS - CANTONEIRA - AISC',/,26(1X,' ',5(A4,A1
A,' X ',A4,A1,' X ',A4,' ; '),/))
200 TMIN=6.85+0.024*AMIN1(ALFA(4),200.)
TMIN=ESP(TMIN,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
AUX2(5)=470.+1.666*L1
AUX2(6)=470.+1.666*L2
IF(ALFA(11)=1.) 202,202,206
202 IAUX3(1)=1
GO TO 208
206 IAUX3(1)=0
208 IF(IAUX3(4)=1) 260,210,260
210 AB1=GER1
AB2=GER2
BETA(1)=3.6*ALFA(4)+45.5*ALFA(5)+46.4*ALFA(6)-93.7*ALFA(7)+176.4
BETA(2)=612.2*ALFA(5)+3375.6
BETA(3)=375.2*ALFA(5)+2695.8
BETA(4)=0.7854
BETA(5)=0.5236
CB4=COS(BETA(4))
SB4=SIN(BETA(4))
CB5=COS(BETA(5))
SB5=SIN(BETA(5))
BETA(6)=ALFA(4)-2.4*ALFA(5)-4.2*ALFA(6)+29.3*ALFA(7)-5.
BETA(7)=0.3*ALFA(4)+1953.4*ALFA(6)/ALFA(7)+2056.7

```



```

BETA(8)=600.
BETA(9)=74.6*ALFA(6)-21.4*ALFA(5)+1323.3
BETA(10)=0.
BETA(11)=100.*ALFA(6)
BETA(12)=70.*ALFA(5)
BETA(14)=0.
IF(ALFA(4)=215.) 230,220,220
220 BETA(13)=0.25*(1000.*ALFA(5)-BETA(3))
GO TO 240
230 BETA(13)=0.
240 DO 250 I=1,3
250 BETA(I)=ESP(BETA(I),0,10.,5.,0,EPE)
DO 255 I=6,14
255 BETA(I)=ESP(BETA(I),0,10.,5.,0,EPE)
GO TO 270
260 READ(5,70) (BETA(I),I=1,16)
BETA(4)=0.017453*BETA(4)
BETA(5)=0.017453*BETA(5)
AB1=DD1
AB2=DD2
CB4=COS(BETA(4))
SB4=SIN(BETA(4))
CB5=COS(BETA(5))
SB5=SIN(BETA(5))
IF(BETA(15)) 280,270,280
270 BETA(15)=BETA(1)+0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(2))*SB4/CB4
X=0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(3))-BETA(10)
BETA(17)=X*SB5/CB5+BETA(7)-BETA(6)
BETA(16)=1000.*ALFA(6)-BETA(15)-BETA(17)
BETA(18)=SQRT((0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(3)))*2+BETA(6)**2)-BETA(8)
BETA(19)=X/CB5
BETA(20)=0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(2))/CB4
AB3=GER1
AB4=GER2
GO TO 290
280 READ(5,70) (BETA(I),I=17,20)
AB3=DD1
AB4=DD2
290 IF(IAUX3(4)) 300,330,300
300 IF(IAUX3(4)=2) 340,340,320
310 CALL GGAMA1
AUX1(3)=0.5*AUX1(1)
X1=BETA(19)-AUX1(3)
K=X1/AUX1(1)
X2=X1-K*AUX1(1)
IF(X2=AUX1(3)) 311,311,312
311 AUX1(2)=AUX1(1)
AUX1(3)=X2+AUX1(3)
IAUX2(2)=1+K
GO TO 315
312 AUX1(2)=X2
IAUX2(2)=2+K
315 AUX1(4)=0.5*AUX1(1)
X1=BETA(20)-AUX1(4)
K=X1/AUX1(1)
X2=X1-K*AUX1(1)
IF(X2=AUX1(4)) 316,316,317
316 AUX1(5)=AUX1(1)
AUX1(4)=X2+AUX1(4)
IAUX2(3)=1+K

```

```

GO TO 319
317 AUX1(5)=X2
    IAUX2(3)=2+K
319 GAMA2(1)=1700.
    GAMA2(2)=850.
    GAMA2(3)=3400.
    AB5=GER1
    AB6=GER2
    GO TO 345
320 READ(5,70) (GAMA1(I),I= ,41)
    READ(5,70) (GAMA2(I),I= ,3)
    READ(5,15) (IAUX2(I),I= ,3),IAUX1(1),IAUX1(8),IAUX1(6),IAUX1(9),(I
AAUX1(I),I=2,5),IAUX1(7) IAUX1(10)
    READ(5,70) (AUX1(I),I=2 5)
    GAMA1(42)=GAMA1(28)
    GAMA1(43)=GAMA1(29)
    AB5=DD1
    AB6=DD2
330 IF(IAUX3(4)) 340,700,340
340 READ(5,70) AUX2(26),AUX2(4),AUX1(12),AUX2(21),AUX2(7),AUX2(8),AUX1
A(13)
    READ(5,15) (IPER(I),I=1 9)
    AB7=DD1
    AB8=DD2
    IF(IAUX3(4)=2) 310,310, 45
345 IF(AUX2(7)) 350,360,350
350 IF(AUX2(8)) 370,360,370
360 CALL MORE9(ALFA,AUX1,AUX2,IAUX3)
    AB7=GER1
    AB8=GER2
    GO TO 430
370 IF(ABS(AUX1(7)-1.)=0.01 430,430,380
380 X=0.059*ALFA(4)/ALFA(6)
    IF(ABS(AUX1(6)-1.)=0.01 390,390,400
390 I=1
    GO TO 410
400 I=2
    X=X/(2.-X)
410 DO 420 J=1,I
420 AUX2(22+J)=1.-AMAX1(AUX (6+J),X)
430 IF(AUX1(12)) 432,431,43
431 AUX1(12)=0.4
    AB9=GER1
    AB10=GER2
    GO TO 433
432 AB9=DD1
    AB10=DD2
433 WRITE(6,434) AUX2(26),AUX2(4),AB9,AB10,AUX1(12)
434 FORMAT('1',2('/),23X,'DA OS ADICIONAIS PARA O CALCULO DO MATERIAL L
LONGITUDINA NA SECCAO M STRA',4('/),5X,'COMPRIMENTO DO MAIOR PORAO
BDE CARGA ',45X,F 2,' M',//,5X,'W = ( PESO DA CARGA NO PORAO
CO ) / ( VOLUME DO PORAO )',36X,F5.2,' DN/M**3',//,5X,'RELACAO : (
O AREA DE LONGITUDINAIS O CONVES ) / ( AREA DE CHAPA NO CONVES )
E('2A4,' ',F4.2,/)
    IF(AUX1(13)) 437,435,43
435 WRITE(6,435)
436 FORMAT(5X,'ESPACAMENTO MINIMO PARA OS ENRIGECEDORES LONGITUDINAIS'
A,30X,'NAO ESPECIFICADO' /)
    GO TO 439
437 WRITE(6,435) AUX1(13)

```

```

438 FORMAT(5X,'ESPACAMENTO MINIMO PARA OS ENRIGECEDORES LONGITUDINAIS'
A,32X,F5.0,' MM',/)
439 WRITE(6,440) AUX2(21),AB7,AB8,AUX2(7),AUX2(8)
440 FORMAT(5X,'MAXIMO MOMENTO FLETOR EM AGUAS TRANQUILAS',42X,F6.0,'
A TON*M',//,5X,'MODULO DE SECCAO P/A VIGA NAVIO REQUERIDO ('2A4,'
B) = CONVES',16X,F10.0,' CM**3',//,62X,'FUNDO',19X,F10.0,' CM*
C*3',3(/),5X,'ESPECIFICACAO DO TIPO DE PERFIL A SER ADOPTADO = CONVE
DS',39X,'BARRA CHATA',/)
DO 460 I=1,9
JU=5*I
JI=JU-4
K=1
II=IPEP(I)+2
GO TO ( 441,443,445,447,449),II
441 DO 442 J=JI,JU
AA(J)=CON(K)
442 K=K+1
GO TO 460
443 DO 444 J=JI,JU
AA(J)=MEP(K)
444 K=K+1
GO TO 460
445 DO 446 J=JI,JU
AA(J)=CDI(K)
446 K=K+1
GO TO 460
447 DO 448 J=JI,JU
AA(J)=BDI(K)
448 K=K+1
GO TO 460
449 DO 450 J=JI,JU
AA(J)=CAT(K)
450 K=K+1
460 CONTINUE
WRITE(6,461) (AA(I),I=1,40)
461 FORMAT(53X,'FUNDO NO DUPLO FUNDO',25X,4A4,A1,//,53X,'FUNDO NO TANG
AUE DE ASA INFERIOR',14X,4A4,A1,//,53X,'TETO DO DUPLO FUNDO',26X,4A
B4,A1,//,53X,'COSTADO NO TANQUE DE ASA SUPERIOR',12X,4A4,A1,//,53X,
C'ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR',11X,4A4,A1,//,53X,'COSTADO NO
D TANQUE DE ASA INFERIOR',12X,4A4,A1,//,53X,'BOJO',41X,4A4,A1,//,53
EX,'ANTEPARA DO TANQUE DE ASA INFERIOR',11X,4A4,A1,/)
IF(BETA(13)) 465,470,465
465 WRITE(6,468) (AA(I),I=41,45)
468 FORMAT(53X,'ANTEPARA DIAFRAGMA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR ',4A4,A1)
470 AUX2(1)=27.778*ALFA(5)+205.*SQRT(ALFA(7))
IF(IAUX3(1)) 480,530,480
480 X0=9.81*AUX2(4)*(ALFA(6)-0.001*(BETA(1)-BETA(6)))-6.67*ALFA(7)
X1=AUX2(26)/(0.001*BETA(2))
X2=(0.001*(BETA(1)+BETA(20)+BETA(15))-0.4292*BETA(9)+0.5*(1000.*ALF
1A(5)-BETA(2)))*3)
X9=0.001*AUX2(1)
X7=AMAX1(0.001*GAMA1(28)*(10.+0.04348*L1),0.0063*GAMA1(28)*SQRT(AL
1FA(7)))
IF(ALFA(4)=190.) 485,485,483
483 X7=AMAX1(X7,0.01818*GAMA1(28))
485 X3=X2/(X2+305.*X9+X9*X1)
X4=1.15-0.275*X3
IF(X1=X4) 490,495,495
490 X5=114.5
X6=5.55*X3*(X1-0.6)**2+5.63*(1.-X3)*(X1-0.7)**2

```



```

GO TO 500
495 X5=89.
    X6=0.
500 X8=X5*X0+1.E-9*BETA(2)*BETA(2)*(0.054*X1-X3*(0.0349*X1-0.0134))-0.0
    11*X6)/(9.81*X7)
    IF(ABS(X8-X9)=0.001) 510,505,505
505 X9=X8
    GO TO 485
510 AUX2(1)=AMAX1(AUX2(1),1000.*X8)
    AUX2(2)=0.
    DO 515 I=1,9
515 AUX2(2)=AMAX1(AUX2(2),0.5*(GAMA1(29+I)+GAMA1(30+I)))
    AUX2(2)=0.001*AUX2(2)
    IF(X1=1.) 520,520,525
520 AUX2(3)=0.192*X1+0.148*X3*(0.192*X1-0.092)
    AUX2(25)=X3*(0.205-0.024*X1)+0.312*X1+0.034
    GO TO 530
525 AUX2(3)=0.04*X1+0.3-X3*(0.04*X1+0.06)
    AUX2(25)=X3*(0.349-0.168*X1)+0.168*X1+0.178
530 CALL ESCLOM(L1,L2,IMAT)
    IF(KFIM) 9000,700,9000
700 IF(IAUX3(5)) 710,800,710
710 READ(5,15) ITE
    II=ITE+2
    GO TO ( 721,723,725,727,729 ),II
721 DO 722 J=1,5
722 AA(J)=CON(J)
    GO TO 740
723 DO 724 J=1,5
724 AA(J)=NEP(J)
    GO TO 740
725 DO 726 J=1,5
726 AA(J)=CDI(J)
    GO TO 740
727 DO 728 J=1,5
728 AA(J)=BDI(J)
    GO TO 740
729 DO 730 J=1,5
730 AA(J)=CAT(J)
740 WRITE(6,750) (AA(J),J=1,5)
750 FORMAT(5X,5(/),32X,'DADOS ADICIONAIS PARA O CALCULO DA ESTRUTURA T
    ARANSVERSAL',4(/),5X,'ESPECIFICACAO DO TIPO DE PERFIL A SER ADOTADO
    B = CAVERNA NO PORAO',29X,4A4,A1)
    CALL ESTRAN
800 IF(IAUX3(6)) 810,900,810
810 READ(5,70) (RDELTA(I),I=1,16)
    IF(IAUX3(6)=1) 830,830,820
820 READ(5,70) DELTA(11),DELTA(17),DELTA(14),DELTA(20)
830 WRITE(6,835) ((RDELTA(I),RDELTA(I+1),RDELTA(I+8),RDELTA(I+9)),I=1
    A,7,2)
835 FORMAT('1',///,33X,'DADOS ADICIONAIS PARA O CALCULO DAS ANTEPARAS
    ADE PORAO',6(/),30X,'ANTEPARA CORRUGADA LIMITE DE PORAO',4X,'ANTEPA
    BRA CORRUGADA LIMITE DE TANQUE ( PORAO DE LASTRO )',///,33X,'VALOR M
    CINIMO',5X,'VALOR MAXIMO',15X,'VALOR MINIMO',11X,'VALOR MAXIMO',//,
    DSX,'LARGURA DO CORRUGO',10X,F5.0,4X,'MM',6X,F5.0,4X,'MM',17X,F5.0,
    E4X,'MM',12X,F5.0,4X,'MM',//,5X,'PROFUNDIDADE DO CORRUGO',5X,F5.0,4
    FX,'MM',6X,F5.0,4X,'MM',17X,F5.0,4X,'MM',12X,F5.0,4X,'MM',//,5X,'ES
    GPRESSURA DA CHAPA',12X,F4.1,3X,'MM',8X,F4.1,3X,'MM',19X,F4.1,3X,'MM
    H',14X,F4.1,3X,'MM',//,5X,'ANGULO DO CORRUGO',13X,F3.0,4X,'GRAUS',5
    IX,F3.0,4X,'GRAUS',16X,F3.0,4X,'GRAUS',11X,F3.0,4X,'GRAUS')

```

```

RDELTA(7)=0.017453*RDELTA(7)
RDELTA(8)=0.017453*RDELTA(8)
RDELTA(15)=0.017453*RDELTA(15)
RDELTA(16)=0.017453*RDELTA(16)
CALL ANTEP
900 WRITE(6,910) AB1,AB2,(A(I),I=1,20)
910 FORMAT('1',37X,'GEOMETRIA INTERNA DA SECCAO MESTRA ('',2A4,'')',4(/)
A,16X,'NAVID = ',20A4,/)
BETA(4)=57.2967*BETA(4)
BETA(5)=57.2967*BETA(5)
WRITE(6,920) (BETA(I),I=1,14)
920 FORMAT(17X,'ALTURA DO DUPLO FUNDO',52X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'LARGUR
AA DO DUPLO FUNDO',51X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'LARGURA DA ABERTURA DA
BESCOTILHA',41X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'ANGULO DE INCLINACAO DA ANTEPA
RA DO TANQUE DE ASA INFERIOR',18X,F3.0,4X,'GRAUS',//,67X,'SUPERIOR
D',18X,F3.0,4X,'GRAUS',//,17X,'FLEXA NO CONVES PRINCIPAL',48X,F6.0,
E4X,'MM',//,17X,'ALTURA DA PARTE VERTICAL DA ANTEPARA DO TANQUE DE
FASA SUPERIOR',11X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'RAIO DO CINTADO',58X,F6.0,4
GX,'MM',//,17X,'RAIO DO BOJO',61X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'LARGURA DA P
HARTE HORIZONTAL DA ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR',8X,F6.0,4X,
I'MM',//,17X,'LARGURA DO CINTADO',55X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'LARGURA
JDA CHAPA QUILHA HORIZONTAL',39X,F6.0,4X,'MM',//,17X,'DISTANCIA DA
KANTEPARA DIAFRAGMA NO TANQUE DE ASA SUPERIOR AO COSTADO',5X,F6.0,4
LX,'MM',//,17X,'LARGURA DA QUILHA DUTO',51X,F6.0,4X,'MM',/)
WRITE(6,930) (AB3,AB4,BETA(I)),I=15,20)
930 FORMAT(17X,'ALTURA DO COSTADO NO TANQUE DE ASA INFERIOR',13X,'('',2
AA4,'')',7X,F6.0,4X,'MM',//,38X,'PORAO',30X,'('',2A4,'')',7X,F6.0,4X,'
BMM',//,38X,'TANQUE DE ASA SUPERIOR',13X,'('',2A4,'')',7X,F6.0,4X,'MM
C',//,17X,'LARGURA DO CONVES',39X,'('',2A4,'')',7X,F6.0,4X,'MM',//,17
DX,'LARGURA DA ANTEPARA INCLINADA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR ('',2A4,
E')',7X,F6.0,4X,'MM',//,54X,'INFERIOR ('',2A4,'')',7X,F6.0,4X,'MM',3(
F//)
IF(BETA(8)) 960,940,960
940 WRITE(6,950)
950 FORMAT(10X,'***** A CONCORDANCIA ENTRE O CONVES E O CINTADO E NA F
AORMA DE CANTO VIVO',/)
960 IF(BETA(14)) 990,970,99)
970 WRITE(6,980)
980 FORMAT(10X,'***** A QUILHA CENTRAL E SINGELA',/)
990 IF(BETA(13)) 1020,1000,1020
1000 WRITE(6,1010)
1010 FORMAT(10X,'***** NAO EXISTE ANTEPARA DIAFRAGMA LONGITUDINAL NO TA
ANQUE DE ASA SUPERIOR')
1020 IF(IAUX3(4)) 1500,1500,1030
1030 WRITE(6,1040) AB5,AB6,(A(I),I=1,20),IAUX2(1)
1040 FORMAT('1',18X,'POSICIONAMENTO DOS ELEMENTOS LONGITUDINAIS DA ESTR
AUTURA NA SECCAO MESTRA ('',2A4,'')',4(/),16X,'NAVID = ',20A4,4(/),5X
B,'QUILHAS LATERAIS = NUMERO ( EM CADA BORDO , EXCLUIDA A QUILHA CE
NTRAL OU A QUILHA LIMITE DA QUILHA DUTO ) = ',12,/)
IF(GAMA1(29)) 1050,1080,1060
1050 DO 1055 I=1,4
1055 AA(I)=TQA(I)
GAMA1(29)=-GAMA1(29)
GO TO 1070
1060 DO 1065 I=1,4
1065 AA(I)=DPF(I)
1070 WRITE(6,1075) GAMA1(29),(AA(I),I=1,4)
1075 FORMAT(24X,'LOCALIZACAO - A QUILHA LIMITE ENTRE O DUPLO FUNDO E O
ATANQUE DE ASA , ESTA SITUADA A ',F4.0,' MM',//,36X,'DA INTERSECCAO
BENTRE A CHAPA DO TETO DO DUPLO FUNDO E A ANTEPARA DO TANQUE DE',/

```



```

C,38X,'ASA',PARA DENTRO DO ',3A4,A1,/)
GO TO 1090
1080 WRITE(6,1085)
1085 FORMAT(24X,'LOCALIZACAO - A QUILHA LIMITE ENTRE O DUPLO FUNDO E O
ATANQUE DE ASA, ESTA SITUADA NA INTERSECCAO',/,38X,'ENTRE A CHAP
BA DO DUPLO FUNDO E A ANTEPARA DO TANQUE DE ASA',/)
1090 IK2=IAUX2(1)
WRITE(6,1095) (GAMA1(29+I),I=1,IK2)
1095 FORMAT(38X,'ESPACAMENTOS ( DO COSTADO P/A LINHA DE CENTRO ) - UNID
AADE MM',/,37X,10(';',',F5.0))
WRITE(6,1097)
1097 FORMAT(5X,/,81X,'NUMERO',4X,'ESPACAMENTO - UNIDADE - MM',/,92X,'P
ARIMEIRO PADRAO ULTIMO',/)
IF(BETA(13)) 1110,1100,1110
1100 WRITE(6,1105) IAUX1(1),(GAMA1(I),I=1,3)
1105 FORMAT(5X,'ENRIGECEDORES - CONVES',56X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,
A/)
GO TO 1120
1110 WRITE(6,1115) IAUX1(1),(GAMA1(I),I=1,6)
1115 FORMAT(5X,'ENRIGECEDORES - CONVES - ENTRE COSTADO E ANTEPARA DIAFR
AAGMA',19X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/,30X,'ENTRE ANTEPARA DIAFRA
BGMA E ESCOTILHA',28X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/)
1120 WRITE(6,1125) IAUX1(2),(GAMA1(I),I=7,9)
1125 FORMAT(21X,'COSTADO NO TANQUE DE ASA SUPERIOR',29X,I2,9X,F5.0,4X,F
A5.0,3X,F5.0,/)
IF(BETA(13)) 1140,1130,1140
1130 WRITE(6,1135) IAUX1(3),(GAMA1(I),I=10,12)
1135 FORMAT(21X,'ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR',28X,I2,9X,F5.0,4X,
AF5.0,3X,F5.0,/)
GO TO 1150
1140 WRITE(6,1145) IAUX1(3),(GAMA1(I),I=10,15)
1145 FORMAT(21X,'ANT DO TO DE ASA SUPERIOR - ENTRE COSTADO E ANT DIAFRA
AGMA',5X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/,49X,'ENTRE ANT DIAFRAGMA E E
BSCOTILHA',14X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/)
1150 WRITE(6,1155) IAUX1(4),(GAMA1(I),I=16,18),IAUX1(5),(GAMA1(I),I=19
A,21),IAUX1(6),(GAMA1(I),I=22,24),IAUX1(7),(GAMA1(I),I=25,27),IAUX1
B(8),GAMA1(28),IAUX1(9),GAMA1(42)
1155 FORMAT(21X,'COSTADO NO TANQUE DE ASA INFERIOR',29X,I2,9X,F5.0,4X,F
A5.0,3X,F5.0,/,21X,'BOJO',58X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/,21X,'F
BUNDO NO TANQUE DE ASA INFERIOR',31X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/,
C21X,'ANTEPARA DO TANQUE DE ASA INFERIOR',28X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X
D,F5.0,/,21X,'FUNDO NO DUPLO FUNDO',42X,I2,18X,F5.0,/,21X,'TETO D
EO DUPLO FUNDO',43X,I2,18X,F5.0,/)
IF(BETA(13)) 1160,1170,1160
1160 WRITE(6,1165) IAUX1(10),GAMA1(40),GAMA1(40),GAMA1(41)
1165 FORMAT(21X,'ANTEPARA DIAFRAGMA LONGITUDINAL DO TANQUE DE ASA SUPER
AIOR',5X,I2,9X,F5.0,4X,F5.0,3X,F5.0,/)
1170 WRITE(6,1180) (GAMA2(I),I=1,3)
1180 FORMAT(5X,3(/),41X,'ESPACAMENTOS DA ESTRUTURA TRANSVERSAL',4(/),5X
A,'ESPACAMENTO ENTRE HASTILHAS E ANEIS TRANSVERSAIS NO TANQUE DE AS
BA INFERIOR',7X,F5.0,' MM',/,5X,'ESPACAMENTO ENTRE CAVERNAS NO PC
CRAD',46X,F5.0,' MM',/,5X,'ESPACAMENTO ENTRE ANEIS TRANSVERSAIS N
DO TANQUE DE ASA SUPERIOR',19X,F5.0,' MM')
1500 IF(IAUX3(4)) 2010,2600,2010
2010 WRITE(6,2015) (A(I),I=1,20)
2015 FORMAT('1',33X,'ESCANTILHOES DO MATERIAL LONGITUDINAL NA SECCAO ME
ASTRA',6(/),16X,'NAVIDO - ',20A4,5(/)
WRITE(6,2020) (CHA(I,1),I=1,5,2),(CHA(I,1),I=7,11),CHA(13,1),CHA(1
A2,1)
2020 FORMAT(5X,'LOCALIZACAO CONVES CINTADO',14X,'COSTADO',14X,'BOJO

```



```

A FUNDO',9X,'QUILHA',9X,'TETO DUPLO FUNDO',/,35X,'TQ ASA SUP  PORA
BO TQ ASA INF',17X,'HORIZONTAL VERTICAL',/,5X,'ESPESSURA',4X,F6.
C3,3X,F6.3,4X,F6.3,4X,F6.3,4X,F6.3,4X,F6.3,1X,F6.3,4X,F6.3,5X,F6.3,
D8X,F6.3,3(/)
IF(BETA(13)) 2030,2040,2030
2030 WRITE(6,2035) CHA(15,1),CHA(14,1),CHA(37,1)
2035 FORMAT(5X,'LOCALIZACAO',7X,'LONGARINAS DO DUPLO FUNDO',8X,'ANTEPAR
AA DIAFRAGMA NO TQ ASA SUPERIOR',/,24X,'ESTANQUE  NAO ESTANQUE',//
B,5X,'ESPESSURA',11X,F6.3,7X,F6.3,31X,F6.3,3(/))
GO TO 2050
2040 WRITE(6,2045) CHA(15,1),CHA(14,1)
2045 FORMAT(5X,'LOCALIZACAO',12X,'LONGARINAS DO DUPLU FUNDO',19X,'ESTAN
AQUE  NAO ESTANQUE',/,5X,'ESPESSURA',16X,F6.3,7X,F6.3,3(/))
2050 WRITE(6,2055) BETA(7),CHA(2,1)
2055 FORMAT(5X,'LOCALIZACAO',10X,'ANTEPARA DO TANQUE DE ASA SUPERIOR',1
A0X,'ANTEPARA DC TANQUE DE ASA INFERIOR',/,16X,2(10X,'LARGURA ( MM
B)  ESPESSURA',9X),/,5X,'PARTE VERTICAL',12X,F5.0,12X,F6.3,/)
IF(BETA(10)) 2060,2070,2060
2060 WRITE(6,2065) BETA(10),CHA(6,1)
2065 FORMAT(5X,'PARTE HORIZONTAL',10X,F5.0,12X,F6.3,/)
2070 J= MINO(IAUX2(2),IAUX2(3))-1
IK3=1
WRITE(6,2075) IK3, AUX1(2),CHA(26,1),AUX1(4),CHA(16,1)
2075 FORMAT(5X,'FIADA = ',I2,6X,2(10X,F5.0,12X,F6.3,13X),/)
DO 2078 I=2,J
2078 WRITE(6,2075) I,AUX1(1),CHA(25+I,1),AUX1(1),CHA(15+I,1)
J=J+1
IF(J=IAUX2(2)) 2130,2080,2100
2080 IF(J=IAUX2(3)) 2100,2090,2100
2090 WRITE(6,2075) J,AUX1(3),CHA(25+J,1),AUX1(5),CHA(15+J,1)
GO TO 2160
2100 WRITE(6,2075) J,AUX1(3),CHA(25+J,1),AUX1(1),CHA(15+J,1)
J=J+1
IF(J=IAUX2(3)) 2120,2110,2120
2110 WRITE(6,2115) J,AUX1(5),CHA(15+J,1)
2115 FORMAT(5X,'FIADA = ',I2,61X,F5.0,12X,F6.3,/)
GO TO 2160
2120 JJ=IAUX2(3)-1
WRITE(6,2115) ((K,AUX1(1),CHA(15+K,1)),K=J,JJ)
J=IAUX2(3)
GO TO 2110
2130 WRITE(6,2075) J,AUX1(1),CHA(25+J,1),AUX1(5),CHA(15+J,1)
J=J+1
IF(J=IAUX2(2)) 2150,2140,2150
2140 WRITE(6,2145) J,AUX1(3),CHA(25+J,1)
2145 FORMAT(5X,'FIADA = ',I2,16X,F5.0,12X,F6.3,/)
GO TO 2160
2150 JJ=IAUX2(2)-1
WRITE(6,2145) ((K,AUX1(1),CHA(25+K,1)),K=J,JJ)
J=IAUX2(2)
GO TO 2140
2160 WRITE(6,2165) AB5,AB6
2165 FORMAT(5X,/,5X,'OBS - NO MODELO DO PROGRAMA , PARA CALCULO DAS PR
ADOPRIÉDADES GEOMÉTRICAS DA SECCAO , APENAS UMA DAS QUILHAS ',/,11X
B,'LATERAIS , EM CADA BORDO , E CONSIDERADA COMO SENDO ESTANQUE , E
CXCLUIDA A QUILHA CENTRAL OU A QUILHA',/,11X,'LIMITE DA QUILHA DUTC
D',/,9X,'= O POSICIONAMENTO DAS FIADAS DAS CHAPAS NAS ANTEPARAS DO
ES TANQUES DE ASA FOI ',2A4,/)
IF(BETA(14)) 2170,2180,2170
2170 WRITE(6,2175)

```

```

2175 FORMAT(9X, '- AS QUILHAS LIMITE DA QUILHA DUTO , ESTAO AGUI INDICAC
      AAS COMO = QUILHA VERTICAL',/)
2180 WRITE(6,2300) IAUX1(1),PER(1,1),PER(1,6),DP1,TP1,IAUX1(2)
2300 FORMAT('1',///,50X,'PERFIS ENRIGECEDORES',3(/),5X,'LOCALIZACAO',16
      AX,'NUMERO TOTAL      MODULO REQUERIDO      MODULO REAL      TIPO DO PERF
      BIL',9X,'DIMENSOES NOMINAIS',/,34X,'DE PERFIS ',2(8X,'( CM**3 )'),/
      C//,5X,'CONVES',26X,I2,/,42X,2(12X,F5.0),7X,'BARRA CHATA',15X,F5.0,
      D' X ',F4.1,///,5X,'COSTADO NO TO ASA SUPERIOR',6X,I2)
      CALL WRTPER(5,IAUX1(2),IPER(4),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,C
      IDI,BDI,CAT)
      WRITE(6,2310) IAUX1(4)
2310 FORMAT(23X,'INFERIOR',6X,I2)
      CALL WRTPER(36,IAUX1(4),IPER(6),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,
      UCDI,BDI,CAT)
      WRITE(6,2320) IAUX1(5)
2320 FORMAT(5X,'BOJO',28X,I2)
      CALL WRTPER(51,IAUX1(5),IPER(7),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,
      1CDI,BDI,CAT)
      WRITE(6,2340) IAUX1(6)
2340 FORMAT(5X,'FUNDO NO TO ASA INFERIOR',8X,I2)
      CALL WRTPER(3,1,IPER(2),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,CDI,BDI,
      1CAT)
      WRITE(6,2350) IAUX1(8)
2350 FORMAT(14X,'DUPLO FUNDO',12X,I2)
      CALL WRTPER(2,1,IPER(1),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,CDI,BDI,
      1CAT)
      WRITE(6,2360) IAUX1(9)
2360 FORMAT(5X,'TETO DO DUPLO FUNDO',13X,I2)
      CALL WRTPER(4,1,IPER(3),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,CDI,BDI,
      1CTA)
      WRITE(6,2370) IAUX1(7)
2370 FORMAT(5X,'ANTEPARA DO TO ASA INFERIOR',5X,I2)
      CALL WRTPER(66,IAUX1(7),IPER(8),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,
      1CDI,BDI,CAT)
      WRITE(6,2380) IAUX1(3)
2380 FORMAT(23X,'SUPERIOR',6X,I2)
      CALL WRTPER(21,IAUX1(3),IPER(5),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,
      1CDI,BDI,CTA)
      IF(BETA(13)) 2390,2410,2390
2390 WRITE(6,2400) IAUX1(10)
2400 FORMAT(5X,'ANT DIAFRAGMA DO TO ASA SUP',5X,I2)
      CALL WRTPER(81,IAUX1(10),IPER(9),PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON
      1,CDI,BDI,CTA)
2410 X=1.E-4*7.85*AUX2(16)
      WRITE(6,2500) X,AUX2(16),AUX2(11),AUX2(17),AUX2(9),AUX2(10)
2500 FORMAT('1',///,28X,'PROPRIEDADES GEOMETRICAS DA SECCAO TRANSVERSAL
      A NA SECCAO MESTRA',3(/),5X,'PESO / METRO',54X,F6.3,' TON / M',///,5
      BX,'AREA DE MATERIAL LONGITUDINAL',34X,F8.2,' CM**2',///,5X,'POSICA
      CO DA LINHA NEUTRA EM RELACAO A LINHA DE BASE',14X,F6.3,' CM',///,5X
      D,'MOMENTO DE INERCIA',38X,F13.0,' CM**4',///,5X,'MODULO DE SECCA
      EO NO CONVES',34X,F9.0,' CM**3',///,25X,'FUNDO',35X,F9.0,' CM*
      F*3',/)
      IF(ABS(AUX1(7))-1.)=0.01) 2550,2510,2510
2510 AUX2(23)=AUX2(23)*(100.*ALFA(6)-AUX2(11))
      WRITE(6,2520) AUX2(23)
2520 FORMAT(5X,'LARGURA DA FAIXA DE MATERIAL DE ALTA TENSAO NO CONVES',
      A12X,F7.3,' CM',/)
2550 IF(ABS(AUX1(8))-1.)=0.01) 2600,2560,2560
2560 AUX2(24)=AUX2(24)+AUX2(11)
      WRITE(6,2570) AUX2(24)

```



```

2570 FORMAT(52X,'FUNDO',13X,F7.3,' CM',/)
2600 IF(IAUX3(5)) 2610,3000,2610
2610 WRITE(6,2620) (A(I),I=1,20)
2620 FORMAT('1',33X,'ESCANTILHOS DA ESTRUTURA TRANSVERSAL NA SECCAO ME
ASTRA',4(//),16X,'NAVIO = ',20A4,4(//)
WRITE(6,2630) ((ETA(I),ETA(I+9)),I=1,8)
2630 FORMAT(9X,'ANEL TRANSVERSAL NO TANQUE DE ASA INFERIOR',18X,'ANEL T
RANSVERSAL NO TANQUE DE ASA SUPERIOR',3(//),2(5X,'ESPESSURA DA ALMA
B',26X,F4.1,' MM',5X),//,2(5X,'LARGURA DA BARRA DE FACE',18X,F4.0,'
C MM',5X),//,2(5X,'ESPESSURA DA BARRA DE FACE',17X,F4.1,' MM',5X),
D//,5X,'ALTURA DA ALMA = FUNDO',19X,F5.0,' MM',10X,'ALTURA DA ALMA
E = COSTADO',17X,F5.0,' MM',//,22X,'COSTADO',17X,F5.0,' MM',27X,'
FCONVES',18X,F5.0,' MM',//,2(22X,'ANT DO TO ASA',11X,F5.0,' MM',5
GX),//,5X,'RAIO DE CURVATURA = FUNDO / ANT TO ASA',3X,F5.0,' MM',1
HOX,'RAIO DE CURVATURA = COSTADO / ANT TO ASA',1X,F5.0,' MM',//,25
IX,'FUNDO / COSTADO',6X,F5.0,' MM',30X,'COSTADO / CONVES',5X,F5.0,
J' MM',/)
IF(BETA(13)) 2650,2640,2650
2640 WRITE(6,2645) ETA(9),ETA(18)
2645 FORMAT(25X,'COSTADO / ANT TO ASA',2X,F5.0,' MM',29X,'CONVES / ANT
A TO ASA',3X,F5.0,' MM',/)
GO TO 2660
2650 WRITE(6,2655) ETA(0)
2655 FORMAT(25X,'COSTADO / ANT TO ASA',1X,F5.0,' MM',/)
2660 WRITE(6,2665) ETA(29),ETA(28)
2665 FORMAT(2(5X,'PESO / METRO DO ANEL',23X,F6.3,' TON/M'),3(//))
IF(IAUX3(1)) 2670,2680,2670
2670 WRITE(6,2675) ETA(20),ETA(19),ETA(31)
2675 FORMAT(5X,'HASTILHA = ESPESSURA = NO MEIO DO PORAO',26X,F4.1,'
AM',//,28X,'NO LIMITE DO PORAO ( NAO ESTANQUE )',7X,F4.1,' MM',//
B,16X,'PESO / METRO',42X,F6.3,' TON/M',3(//))
GO TO 2690
2680 WRITE(6,2685) ETA(20),ETA(31)
2685 FORMAT(5X,'HASTILHA = ESPESSURA',5X,F4.1,' MM',//,16X,'PESO / ME
ATRO ',F6.3,' TON/M',3(//))
2690 WRITE(6,2695) ETA(21),ETA(22)
2695 FORMAT(5X,'CAVERNA NO PORAO = MODULO REQUERIDO',9X,F5.0,' CM**3',/
A/,31X,'REAL',14X,F5.0,' CM**3',/)
IF(ITR) 2710,2700,2710
2700 WRITE(6,2705) (ETA(I),I=24,27)
2705 FORMAT(24X,'PERFIL TIPO',14X,'CONSTRUIDO',//,24X,'DIMENSÕES NOMINA
AIS',5X,2(F5.0,' X'),F4.1,' X ',F4.1,/)
GO TO 2800
2710 GO TO (2720,2730,2740 ),ITE
2720 II=3*ITR
JJ=II-2
WRITE(6,2725) (ACTD(I),I=JJ,II)
2725 FORMAT(24X,'PERFIL TIPO',14X,'CANTONEIRA = DIN',//,24X,'DIMENSÕES
ANOMINAIS',5X,2(A3,' X '),A2,/)
GO TO 2800
2730 II=2*ITR
JJ=II-1
WRITE(6,2735) (ABUD(I),I=JJ,II)
2735 FORMAT(24X,'PERFIL TIPO',14X,'BULBO = DIN',//,24X,'DIMENSÕES NOMIN
AAIS',9X,A3,' X ',A2,/)
GO TO 2800
2740 II=5*ITR
JJ=II-4
WRITE(6,2745) (ACTA(I),I=JJ,II)
2745 FORMAT(24X,'PERFIL TIPO',14X,'CANTONEIRA = AISC',//,24X,'DIMENSÕES

```



```

A NOMINAIS',5X,2(A4,A1,' X'),A4,/)
2800 WRITE(6,2805) ETA(30),ETA(32)
2805 FORMAT(24X,'PESO / METRO',15X,F6.3,' TOM/M',4(/),5X,'PESO / METRO
ATOTAL DA ESTRUTURA TRANSVERSAL ',F6.3,' TOM/M')
3000 IF(IAUX3(6)) 3010,1,3010
3010 WRITE(6,3100) (A(I),I=1,20)
3100 FORMAT('1',41X,'ESCANTILHOES DAS ANTEPARAS TRANSVERSAIS',3(/),16X,
A'NAVIO - ',20A4,2(/))
DELTA(4)=57.2958*DELTA(4)
DELTA(9)=57.2958*DELTA(9)
WRITE(6,3110) ((DELTA(I),DELTA(I+5)),I=1,5)
3110 FORMAT(41X,'ANTEPARA CORRUGADA LIMITE DE PORAO',7X,'ANTEPARA CORRUGADA
LIMITE DE TANQUE',//,90X,'( PORAO DE LASTRO )',//,5X,'LARGURA
BDO CORRUGO',28X,F5.0,4X,'MM',31X,F5.0,4X,'MM',//,5X,'PROFUNDIDADE
CDO CORRUGO',23X,F5.0,4X,'MM',31X,F5.0,4X,'MM',//,5X,'ESPESSURA DA
DCHAPA',30X,F6.3,' MM',33X,F6.3,' MM',//,5X,'ANGULO DO CORRUGO',31X
E,F4.1,3X,'GRAUS',30X,F4.1,3X,'GRAUS',//,5X,'PESO DA ANTEPARA CORRUGADA',
21X,F7.3,' TON',31X,F7.3,' TON',3(/))
IF(IAUX3(6)=1) 3120,3130,3120
3120 AB12=DD1
AB13=DD2
GO TO 3140
3130 AB12=GER1
AB13=GER2
3140 WRITE(6,3150) AB12,AB13,((DELTA(I),DELTA(I+3)),I=11,13)
3150 FORMAT(5X,'ALTURA DO CAIXAO INFERIOR ('2A4,')',10X,F5.0,4X,'MM',3
A1X,F5.0,4X,'MM',//,5X,'ESPESSURA DA CHAPA DO CAIXAO INFERIOR',11X,
BF6.3,' MM',33X,F6.3,' MM',//,5X,'PESO DO CAIXAO INFERIOR',25X,F6.3
C,' TON',32X,F6.3,' TON',3(/))
WRITE(6,3160) AB12,AB13,((DELTA(I),DELTA(I+3)),I=17,19)
3160 FORMAT(5X,'ALTURA DO CAIXAO SUPERIOR ('2A4,')',10X,F5.0,4X,'MM',3
A1X,F5.0,4X,'MM',//,5X,'ESPESSURA DA CHAPA DO CAIXAO SUPERIOR',11X,
BF6.3,' MM',33X,F6.3,' MM',//,5X,'PESO DO CAIXAO SUPERIOR',25X,F6.3
C,' TON',32X,F6.3,' TON',3(/))
WRITE(6,3170) DELTA(23),DELTA(24)
3170 FORMAT(5X,'DIMENSOES DA HASTILHA ESTANQUE - ESPESSURA',6X,F6.3,' M
AM',//,38X,'PESO',1:X,F6.3,' TON',3(/))
WRITE(6,3180) DELTA(25),DELTA(26)
3180 FORMAT(5X,'DIMENSOES DA ANTEPARA ESTANQUE NO TANQUE DE ASA INFERIO
AR - ESPESSURA',5X,F6.3,' MM',//,64X,'PESO',10X,F6.3,' TON',3(/))
WRITE(6,3190) DELTA(27),DELTA(28)
3190 FORMAT(5X,'DIMENSOES DA ANTEPARA ESTANQUE NO TANQUE DE ASA SUPERIO
AR - ESPESSURA',5X,F6.3,' MM',//,64X,'PESO',10X,F6.3,' TON',3(/))
X1=DELTA(5)+DELTA(13)+DELTA(19)+DELTA(24)+DELTA(26)+DELTA(28)
X2=DELTA(10)+DELTA(16)+DELTA(22)+DELTA(24)+DELTA(26)+DELTA(28)
WRITE(6,3200) X1,X2
3200 FORMAT(5X,'PESO TOTAL DA ANTEPARA - ANTEPARA LIMITE DE PORAO',23X,
AF7.3,' TON',//,30X,'ANTEPARA LIMITE DE TANQUE ( PORAO DE LASTRO )'
B,2X,F7.3,' TON')
GO TO 1
9000 CALL EXIT
END
002:0999:0 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEME

```

```

=====
BLOCK DATA
COMMON/BDATA/BUD(156),ABUD(76),CTD(516),ACTD(384),CTA(508),ACTA(63

```

10), ICTD(128), IEUD(38), ICTA(126), IAP(18)
 DIMENSION AA1(284), AA2(232), AAA1(231), AAA2(153), AA3(196), AA4(192),
 1AA5(120), AAA3(225), AAA4(225), AAA5(180)
 EQUIVALENCE (AA1(1),CTD(1)),(AA2(1),CTD(285)),(AAA1(1),ACTD(1)),(A
 1AA2(1),ACTD(232)),(AA3(1),CTA(1)),(AA4(1),CTA(197)),(AA5(1),CTA(38
 29)),(AAA3(1),ACTA(1)),(AAA4(1),ACTA(226)),(AAA5(1),ACTA(451))
 DATA BUD/38,,.05,,.6,,.2179,,.8,,.5.4,33.8,4.89,8,,.7,,.43.3,4.69,10,,.7.
 A74,76.1,5.98,10,,.8.74,85.3,5.87,12,,.9.31,133.,7.2,12,,.11.7,164.,6.
 B96,14.,12.6,241.,8.31,14.,13.8,266.,8.18,16.,14.6,373.,9.66,16.,16
 C.2,411.,9.49,16.,17.8,448.,9.36,18.,18.9,609.,10.9,18.,22.5,717.,1
 D0.6,20.,23.6,941.,12.1,20.,27.6,1090.,11.8,22.,28.3,1360.,13.9,20.
 E,29.6,1160.,11.7,22.,31.2,1500.,13.2,24.,32.4,1660.,14.7,22.,33.4,
 F1590.,13.,24.,37.3,2130.,14.4,26.,37.9,2540.,16.6,26.,41.3,2770.,1
 G5.8,28.,42.6,3330.,17.4,28.,45.5,3550.,17.2,30.,46.7,4190.,18.9,30
 H.,49.7,4460.,18.7,30.,52.8,4720.,18.5,32.,54.2,5530.,20.1,32.,57.4
 I,5850.,19.9,34.,58.8,6760.,21.5,34.,62.2,7160.,21.3,37.,69.6,9470.
 J,23.5,37.,77.,10490.,23.,40.,81.4,12930.,25.5,40.,89.4,14220.,25.,
 K43.,94.1,17260.,27.4,43.,103.,18860.,26.9/
 DATA ABUD/' 80',' 5',' 80',' 7',' 100',' 6',' 100',' 7',' 120',' 6','
 A120',' 8',' 140',' 7',' 140',' 8',' 160',' 7',' 160',' 6',' 160',' 9','
 B180',' 8',' 180',' 10',' 200',' 9',' 200',' 11',' 220',' 9',' 200',' 12','
 C220',' 11',' 240',' 10',' 220',' 12',' 240',' 12',' 260',' 10',' 260',' 12','
 D280',' 11',' 280',' 12',' 300',' 11',' 300',' 12',' 300',' 13',' 320',' 12','
 E320',' 13',' 340',' 12',' 340',' 13',' 370',' 13',' 370',' 15',' 400',' 14','
 F400',' 16',' 430',' 15',' 430',' 17'/
 DATA AA1/128,,.058,,.4.1,3315.,6.,4.29,15.6,3.85,6.,4.79,17.2,4.04,
 A6.5,5.54,23.1,4.51,6.,5.68,20.1,4.,6.,5.82,19.4,4.36,6.,5.85,20.7,
 B3.76,7.5,6.04,34.4,5.1,7.5,6.3,35.5,5.19,6.,6.55,23.,3.96,8.,6.89,
 C44.9,5.15,6.,6.91,22.8,4.3176.5,7.53,29.2,4.7,6.5,7.6,31.,4.43,7.,
 D8.13,36.9,5.07,7.5,8.3,46.4,5.02,8.,8.41,52.8,5.61,7.5,8.66,47.9,5
 E.1,9.,8.69,71.7,6.11,6.5,8.7,33.4,4.65,10.,8.73,89.7,6.51,7.5,8.75
 F,45.6,5.46,8.,9.01,57.6,5.06,6.,9.03,29.1,4.23,7.,9.4,42.4,5.03,6.
 G5,9.58,38.2,4.35,6.5,9.85,37.5,4.61,7.5,10.1,52.4,5.41,7.5,10.5,57
 H.4,4.94,8.,10.8,64.2,5.79,7.5,10.9,59.4,5.03,6.5,11.,41.3,4.57,8.,
 I11.,68.1,5.53,6.,11.1,34.9,4.15,9.,11.1,88.1,6.33,10.,11.2,113.,6.
 J77,9.,11.4,92.5,6.03,7.5,11.5,58.9,5.37,10.,11.5,116.,6.41,7.,11.9
 K,52.6,4.95,10.,11.9,118.,6.94,8.,12.3,72.3,5.74,6.5,13.2,48.8,4.5,
 L8.,13.6,82.2,5.45,9.,13.9,104.,6.5,7.5,14.1,71.4,5.29,10.,14.1,141
 M.,6.33,10.,14.2,141.,6.68,7.,14.3,61.8,4.87,8.,15.1,87.5,5.66,10.,
 N15.1,148.,6.85,13.,15.1,263.,8.44,9.,15.5,116.,6.46,10.,15.5,145.,
 O7.26,12.,15.5,226.,8.17,13.,15.9,276.,8.64,7.5,16.7,82.4,5.21,10.,
 P17.1,167.,6.6,8.,17.9,102.,5.59,10.,18.2,176.,6.77,13.,18.6,321.,6
 Q.35,9.,18.7,138.,6.38,12.,19.1,276.,8.08,10.,19.2,177.,7.18,15.,19
 R.5,455.,9.72,13.,19.6,337.,8.55,8.,20.6,115.,5.52,11.,21.2,239.,7.
 S93,13.,21.2,358.,8.85,9.,21.8,158.,6.3,13.,22.1,376.,8.26/
 DATA AA2/10.,22.7,207.,7.1,12.,22.7,323.,8.,15.,23.2,532.,10.01,16
 A.,23.2,611.,10.37,13.,23.3,395.,8.47,15.,23.6,545.,9.63,15.,24.2,5
 B52.,10.2,11.,25.1,280.,7.85,13.,25.1,420.,8.76,12.,25.4,341.,8.64,
 C10.,26.2,235.,7.02,12.,26.2,368.,7.92,18.,26.2,680.,11.72,9.,26.4,
 D186.,6.19,12.,27.5,368.,8.6,15.,27.5,626.,9.92,16.,27.5,720.,10.26
 E,15.,28.7,650.,10.11,11.,29.,319.,7.79,20.,29.2,1220.,13.07,10.,29
 F.6,262.,6.94,12.,29.7,394.,8.56,13.,30.,472.,9.36,16.,31.2,1040.,1
 G1.63,16.,31.8,823.,10.19,15.,33.2,744.,10.03,25.,33.2,2170.,15.55,
 H12.,33.9,446.,8.49,13.,34.7,540.,9.28,15.,34.8,737.,10.88,20.,34.8
 I,1440.,12.97,14.,35.,638.,10.08,18.,36.1,1190.,11.54,10.,36.2,311.
 J,6.8,13.,39.3,605.,9.2,25.,39.6,2570.,15.45,14.,40.,723.,10.,15.,4
 K0.3,845.,10.79,20.,40.3,1650.,12.88,15.,43.,898.,10.75,15.,45.7,94
 L9.,10.71,20.,45.7,1860.,12.8,25.,45.9,2960.,15.35,16.,46.1,1100.,1
 M1.51,15.,51.,1050.,10.64,16.,51.8,1230.,11.43,25.,52.1,3330.,15.26
 N,18.,55.4,1680.,12.98,15.,56.3,1150.,10.56,16.,57.5,1350.,11.35,20

Q. 61.8, 2340, 14.48, 18, 61.9, 1870, 12.9, 18, 68.4, 2040, 12.82, 20, 69
 P. 1, 2600, 14.4, 18, 74.7, 2210, 12.74, 20, 76.4, 2850, 14.32, 20, 90.6, 3
 Q330, 14.16, 20, 105, 3780, 14.01/

DATA AAA1/ 60', 30', 5', 60', 40', 5', 65', 50', 5', 60'
 A, 40', 6', 60', 60', 5', 60', 30', 7', 75', 50', 5', 7
 B5', 55', 5', 60', 40', 7', 80', 40', 6', 60', 60', 6',
 C 65', 65', 6', 65', 50', 7', 70', 70', 6', 75', 50', 7'
 D, 80', 65', 6', 75', 55', 7', 90', 60', 6', 65', 65',
 E7', 100', 50', 6', 75', 75', 6', 60', 40', 8', 60', 60',
 F' 8', 70', 70', 7', 65', 50', 9', 65', 65', 8', 75', 75
 G', 7', 75', 50', 9', 80', 80', 7', 75', 55', 9', 65',
 H65', 9', 80', 65', 8', 60', 60', 10', 90', 75', 7', 100',
 I' 65', 7', 90', 60', 8', 75', 75', 8', 100', 50', 8', 70
 J', 70', 9', 100', 75', 7', 80', 80', 8', 65', 65', 11',
 K80', 65', 10', 90', 90', 8', 75', 75', 10', 100', 50', 10',
 L' 100', 65', 9', 70', 70', 11', 80', 80', 10', 100', 75', 9
 M', 130', 65', 8', 90', 90', 9', 100', 100', 8', 120', 80',
 N 8', 130', 75', 8', 75', 75', 12', 100', 65', 11', 80', 80'
 O, 12', 100', 75', 11', 130', 65', 10', 90', 90', 11', 120', 8
 P0', 10', 100', 100', 10', 150', 75', 9', 130', 75', 10', 80',
 Q 80', 14', 110', 110', 10', 130', 90', 10', 90', 90', 13', 130'
 R, 65', 12', 100', 100', 12', 120', 80', 12', 150', 90', 10', 16
 S0', 80', 10', 130', 75', 12', 150', 75', 11', 150', 100', 10'/

DATA AAA2/ 110', 110', 12', 130', 90', 12', 120', 120', 11', 100'
 A, 100', 14', 120', 80', 14', 180', 90', 10', 90', 90', 16', 12
 B0', 120', 12', 150', 90', 12', 160', 80', 12', 150', 100', 12',
 C110', 110', 14', 200', 100', 10', 100', 100', 16', 120', 120', 13'
 D, 130', 130', 12', 180', 90', 12', 160', 80', 14', 150', 100', 1
 E4', 250', 90', 10', 120', 120', 15', 130', 130', 14', 150', 150'
 F' 12', 200', 100', 12', 140', 140', 13', 180', 90', 14', 100', 100
 G', 20', 130', 130', 16', 250', 90', 12', 140', 140', 15', 150', 1
 H50', 14', 200', 100', 14', 150', 150', 15', 150', 150', 16', 200',
 I' 100', 16', 250', 90', 14', 160', 160', 15', 150', 150', 16', 160
 J', 160', 17', 250', 90', 16', 180', 180', 16', 150', 150', 20', 1
 K60', 160', 19', 200', 200', 16', 180', 180', 18', 160', 180', 20',
 L' 200', 200', 18', 180', 18', 22', 200', 200', 20', 200', 200', 24
 M', 200', 200', 28'/

DATA AA3/ 126, .0582, -4.1, 1365, 7.62, 5.819, 35.047, 5.156, 7.62, 6.426,
 A37.752, 5.364, 7.62, 7.032, 40.041, 5.537, 7.62, 7.677, 45.369, 5.098, 7.62,
 B8.452, 48.699, 5.306, 7.62, 9.29, 51.613, 5.481, 8.89, 9.29, 74.922, 6.071, 7
 C. 62, 9.419, 54.943, 5.029, 8.89, 10.064, 79.5, 6.248, 7.62, 10.452, 59.105, 5
 D. 25, 8.89, 10.903, 83.663, 6.431, 10.16, 10.903, 115.296, 7.01, 7.62, 11.161
 E. 63.683, 4.978, 7.62, 1.484, 62.851, 5.413, 8.89, 11.484, 91.155, 5.994, 10
 F. 16, 11.677, 121.123, 7.214, 7.62, 12.387, 69.094, 5.192, 8.89, 12.452, 96.9
 G82, 6.198, 10.16, 12.516, 126.534, 7.391, 12.7, 12.516, 212.694, 8.484, 7.62
 H, 12.903, 72.008, 4.928, 12.7, 13.29, 224.349, 8.738, 8.89, 13.484, 101.977,
 I6.375, 10.16, 13.484, 140.686, 6.96, 7.62, 13.613, 73.257, 5.364, 8.89, 13.6
 J13, 106.555, 5.944, 7.62, 14.258, 78.252, 5.136, 7.62, 14.516, 79.916, 4.877
 K, 10.16, 14.516, 148.178, 7.163, 8.89, 14.839, 113.215, 6.147, 15.24, 14.903
 L, 368.781, 10.185, 10.16, 15.484, 154.422, 7.315, 12.7, 15.484, 260.561, 8.4
 M33, 7.62, 15.677, 82.83, 5.309, 8.89, 15.677, 121.123, 5.893, 15.24, 15.742,
 N385.847, 10.439, 8.89, 16.119, 458.6.325, 10.16, 16.164, 828.6.909, 7.62
 O, 16.129, 86.576, 5.08, 12.7, 16.516, 274.713, 8.661, 8.89, 17.097, 129.032,
 P6.096, 10.16, 17.226, 173.985, 7.087, 7.62, 17.742, 92.403, 5.253, 8.89, 17.
 Q742, 134.859, 5.842, 10.16, 18.452, 181.477, 7.264, 12.7, 16.452, 306.763, 8
 R. 382, 8.89, 18.516, 135.691, 6.28, 10.16, 18.516, 188.137, 6.858/

DATA AA4/ 15.24, 18.516, 453.692, 10.135, 8.89, 19.355, 143.6, 6.02, 12.7, 1
 A9.548, 308.844, 9.22, 15.24, 19.548, 474.504, 10.363, 12.7, 19.677, 323.828
 B, 8.611, 10.16, 19.935, 198.126, 7.036, 8.89, 20.968, 151.508, 6.198, 10.16,
 C20.968, 210.107, 6.782, 10.16, 21.355, 206.867, 7.214, 12.7, 21.355, 350.88


```

K', '7/16', ' 6', ' 4', ' 7/16', ' 4', ' 3 1/2', ' 5/8 '
L', ' 6', ' 6', ' 3/8', ' 6', ' 3 1/2', ' 1/2', ' 4',
M', ' 4', ' 5/8', ' 7', ' 4', ' 7/16', ' 5',
N5', ' 1/2', ' 6', ' 4', ' 1/2', ' 5', ' 3 1/2',
O5/8', ' 6', ' 6', ' 7/16', ' 8', ' 4', ' 7/16',
P 7', ' 4', ' 1/2', ' 6', ' 4', ' 9/16', ' 4',
Q', ' 4', ' 3/4', ' 6', ' 6', ' 1/2', ' 8', ' 4',
R', ' 1/2', ' 5', ' 3 1/2', ' 2', ' 3/4', ' 5', ' 5', ' 5/8
S', ' 6', ' 4', ' 5/8', ' 7', ' 4', ' 9/16',
DATA AAA5/ 8', ' 6', ' 7/16', ' 9', ' 4', ' 1/2
A', ' 6', ' 6', ' 9/16', ' 8', ' 4', ' 9/16', ' 7'
B', ' 4', ' 5/8', ' 8', ' 6', ' 1/2', ' 5',
C 5', ' 3/4', ' 6', ' 4', ' 3/4', ' 9', ' 4',
D' 9/16', ' 6', ' 6', ' 5/8', ' 8', ' 4', ' 5/8',
E 8', ' 6', ' 9/16', ' 7', ' 4', ' 3/4', ' 9',
F', ' 4', ' 5/8', ' 8', ' 8', ' 1/2', ' 5', ' 5',
G', ' 7/8', ' 6', ' 4', ' 7/8', ' 8', ' 6', ' 5/
H8', ' 6', ' 6', ' 3/4', ' 8', ' 4', ' 3/4',
I8', ' 8', ' 9/16', ' 7', ' 4', ' 7/8', ' 9',
J 4', ' 3/4', ' 8', ' 8', ' 5/8', ' 6', ' 6',
K', ' 7/8', ' 8', ' 4', ' 7/8', ' 8', ' 6', ' 3/4',
L', ' 9', ' 4', ' 7/8', ' 6', ' 6', ' 1', ' 8',
M', ' 4', ' 1', ' 8', ' 8', ' 3/4', ' 8',
N6', ' 7/8', ' 9', ' 4', ' 1', ' 8', ' 6',
D 1', ' 8', ' 8', ' 7/8', ' 8', ' 8', ' 1',
DATA IAP(1), IAP(2), IAP(3), IAP(4), IAP(5), IAP(6), IAP(7), IAP(9), IAP(
11), IAP(13), IAP(15), IAP(17)/2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 21, 36, 51, 66, 81/
END

```

```

=====
SUBROUTINE ZERO
COMMON/GERAL/ZZ(1254), IZZ(117)
DO 10 I=1, 1254
10 ZZ(I)=0.
DO 20 I=1, 117
20 IZZ(I)=0
RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE GGAMA1
COMMON/GERAL/ALFA(25), BETA(20), GAMA1(43), GAMA2(3), DELTA(28), RDELTA
1(16), CHA(37, 4), PER(85, 6), EPE(50), ETA(32), AUX1(13), AUX2(26), CPER(85
2, 4), IAUX1(10), IAUX2(3), IAUX3(10), IPERF(85), IPER(9)
COMMON/VARIA/Z1, Z2, TMIN, DP1, TP1, CB4, SB4, CB5, SB5, ITE, ITR, KFIM
SB=AMAX1(AUX2(6), AUX1(13))
X=0.5*(BETA(2)-BETA(14))
IAUX1(8)=X/SB+0.5
GAMA1(28)=ESP(X/IAUX1(8), 0.5, 2., 0, EPE)
GAMA1(29)=X-IAUX1(8)*GAMA1(28)
X=0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(2))-BETA(9)+GAMA1(29)
GAMA1(22)=GAMA1(28)
GAMA1(23)=GAMA1(28)
IAUX1(6)=X/GAMA1(23)
GAMA1(24)=X-IAUX1(6)*GAMA1(23)
GAMA1(19)=GAMA1(23)-GAMA1(24)

```



```

GAMA1(20)=GAMA1(23)
X=1.5708*BETA(9)-GAMA1(19)
IAUX1(5)=X/GAMA1(20)+1.
GAMA1(21)=X-GAMA1(20)+(IAUX1(5)-1.)
GAMA1(16)=GAMA1(20)-GAMA1(21)
GAMA1(17)=GAMA1(20)
X=BETA(15)-BETA(9)-GAMA1(16)
IAUX1(4)=X/GAMA1(17)
GAMA1(18)=X-GAMA1(17)+(IAUX1(4)-1.)
IAUX1(7)=BETA(20)/SB-1.5
GAMA1(26)=ESP(BETA(20)/(IAUX1(7)+2.),0,10.,2.,0,EPE)
GAMA1(25)=GAMA1(26)
GAMA1(27)=BETA(20)-IAUX1(7)*GAMA1(26)
X=0.5*(BETA(2)-BETA(14))-GAMA1(29)
SM=3701.
IF(IAUX3(1)) 620,630,620
620 SM=1400.+5.555*AMAX1(ALFA(4),215.)
630 IAUX2(1)=X/SM+1.
I=IAUX1(8)/IAUX2(1)
J=IAUX1(8)-I+IAUX2(1)
IAUX1(8)=IAUX1(8)-IAUX2(1)
II=29+IAUX2(1)
DO 640 K=30,II
640 GAMA1(K)=I*GAMA1(28)
IF(J) 650,670,650
650 II=29+J
DO 660 K=30,II
660 GAMA1(K)=GAMA1(K)+GAMA1(28)
670 GAMA1(42)=GAMA1(28)
GAMA1(43)=GAMA1(29)
IAUX1(9)=IAUX1(8)
X=BETA(17)-BETA(8)
IAUX1(2)=X/SB+0.5
GAMA1(8)=ESP(X/IAUX1(2),0,5.,2.5,0,EPE)
GAMA1(7)=GAMA1(8)
IF(BETA(8)) 672,671,672
671 IAUX1(2)=IAUX1(2)-1
672 GAMA1(9)=BETA(8)+X-GAMA1(8)*IAUX1(2)
IF(BETA(13)) 690,680,690
680 IAUX1(3)=BETA(19)/SB-1.5
GAMA1(11)=ESP(BETA(19)/(IAUX1(3)+2.),0,10.,0.,0,EPE)
GAMA1(10)=GAMA1(11)
GAMA1(12)=BETA(19)-IAUX1(3)*GAMA1(11)
X=0.5*(1000.+ALFA(5)-BETA(3))
IAUX1(1)=X/SB-1.5
GAMA1(2)=ESP(X/(IAUX1(1)+2.),0,10.,3.,0,EPE)
GAMA1(1)=GAMA1(2)
GAMA1(3)=X-IAUX1(1)*GAMA1(2)
GO TO 700
690 X=(BETA(13)-BETA(10))/CB5
IAUX1(3)=X/SB-0.5
GAMA1(11)=ESP(X/(IAUX1(3)+1.),0,5.,2.,0,EPE)
GAMA1(12)=GAMA1(11)
GAMA1(10)=X-IAUX1(3)*GAMA1(11)
I=(BETA(19)-X)/SB+0.5
GAMA1(14)=ESP((BETA(19)-X)/I,0,10.,0.,0,EPE)
GAMA1(13)=GAMA1(14)
GAMA1(15)=BETA(19)-X-(I-2)*GAMA1(14)
IAUX1(3)=IAUX1(3)+I-2
X=BETA(17)+2.*BETA(6)+BETA(13)/(1000.+ALFA(5)-BETA(3))-SB5*(BETA(1

```



```

*3)=BETA(10))/CB5
IAUX1(10)=X/SB=0.5
GAMA1(40)=ESP(X/(IAUX1(10)+1),0.5,,1.,0,EPE)
GAMA1(41)=X-IAUX1(10)+GAMA1(40)
IAUX1(1)=BETA(13)/SB=0.5
GAMA1(2)=ESP(X/(IAUX1(1)+1.),0.5,,2.5,0,EPE)
GAMA1(3)=GAMA1(2)
GAMA1(1)=BETA(13)-IAUX1(1)+GAMA1(2)
X=0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(3))-BETA(13)
I=X/SB=1.5
GAMA1(5)=ESP(X/(I+2),0,10.,2.,0,EPE)
GAMA1(4)=GAMA1(5)
GAMA1(6)=X-I+GAMA1(5)
IAUX1(1)=IAUX1(1)+I
700 CONTINUE
RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE MORE0(ALFA,AUX1,AUX2,IAUX3)
DIMENSION ALFA(1),AUX1(1),AUX2(1),IAUX3(1)
IF(ALFA(4)=100.) 10,20,20
10 C1=6.04+0.02*ALFA(4)
GO TO 90
20 IF(ALFA(4)=125.) 30,40,40
30 C1=6.308+0.01732*ALFA(4)
GO TO 90
40 IF(ALFA(4)=150.) 50,60,60
50 C1=6.273+0.0176*ALFA(4)
GO TO 90
60 IF(ALFA(4)=350.) 70,80,80
70 C1=10.75-(0.01*(300.-ALFA(4)))*1.5
GO TO 90
80 C1=11.59+0.0024*ALFA(4)
90 AUX2(18)=10.
AUX2(19)=6.4
IF(IAUX3(1)) 110,100,110
100 AUX2(19)=8.15
110 AUX2(20)=AUX2(18)+AUX2(19)
IF(ALFA(25)) 120,130,120
120 CB=ALFA(25)/(1.025*ALFA(4)*ALFA(5)+ALFA(7))
GO TO 140
130 CB=ALFA(8)*ALFA(2)/ALFA(4)
140 AUX2(7)=C1*ALFA(4)*ALFA(4)*ALFA(5)+(CB+0.7)
AUX2(22)=0.001*AUX2(18)*AUX2(7)
IF(AUX2(21)) 150,200,150
150 AUX2(7)=AMAX1(AUX2(7),1000.*(AUX2(21)+AUX2(22))/AUX2(20))
IF(IAUX3(1)) 160,180,160
160 IF(AUX2(21)=0.8*AUX2(22)) 200,200,170
170 AUX2(7)=AMAX1(AUX2(7),1000.*(2./(3.*AUX2(19))+(AUX2(21)-0.8*AUX2(22))+1.8*AUX2(22)/AUX2(20)))
GO TO 200
180 IF(AUX2(21)=AUX2(22)) 200,200,190
190 AUX2(7)=AMAX1(AUX2(7),1000.*(2./(3.*AUX2(19))+(AUX2(21)-AUX2(22))+12.*AUX2(22)/AUX2(20)))
200 AUX2(8)=AUX2(7)
IF(ABS(AUX1(7)-1.)=0.01) 250,250,205

```

```

205 X=0.059*ALFA(4)/ALFA(6)
    IF(ABS(AUX1(8)-1.)-0.01) 210,210,220
210 I1=1
    GO TO 230
220 I1=2
    X=X/(2.-X)
230 DO 240 I2=1,I1
    Y=AMAX1(AUX1(6+I2),X)
    AUX2(6+I2)=Y*AUX2(6+I2)
240 AUX2(22+I2)=1.-Y
250 RETURN
    END

```

```

=====
SUBROUTINE WRTPER(J,I,K,PER,IPERF,ABUD,ACTD,ACTA,CPER,CON,CDI,BDI,
1CAT)
DIMENSION PER(85,6),IPERF(1),ABUD(1),ACTD(1),ACTA(1),CPER(85,4),CO
1N(1),CDI(1),BDI(1),CAT(1)
JJ=J+I-1
DO 200 L=J,JJ
IF(IPERF(L)) 30,10,30
10 WRITE(6,20) PER(L,1),PER(L,6),(CON(M),M=1,5),(CPER(L,M),M=1,4)
20 FORMAT(42X,2(12X,F5.0),7X,4A4,A1,2X,F5.0,' X',F4.0,2(' X ',F4.1))
GO TO 200
30 GO TO ( 40,60,80 ),K
40 II=3*IPERF(L)
KK=II-2
WRITE(6,50) PER(L,1),PER(L,6),(CDI(M),M=1,5),(ACTD(M),M=KK,II)
50 FORMAT(42X,2(12X,F5.0),7X,4A4,A1,8X,2(A3,' X'),A2)
GO TO 200
60 II=2*IPERF(L)
KK=II-1
WRITE(6,70) PER(L,1),PER(L,6),(BDI(M),M=1,5),(ABUD(M),M=KK,II)
70 FORMAT(42X,2(12X,F5.0),7X,4A4,A1,11X,A3,' X ',A2)
GO TO 200
80 II=5*IPERF(L)
KK=II-4
WRITE(6,90) PER(L,1),PER(L,6),(CAT(M),M=1,5),(ACTA(M),M=KK,II)
90 FORMAT(42X,2(12X,F5.0),7X,4A4,A1,5X,2(A4,A1,' X '),A4)
200 CONTINUE
RETURN
END
=====

```

```

SUBROUTINE ESCLON(L1,L2,IMAT)
COMMON/GERAL/ALFA(25),BETA(20),GAMA1(43),GAMA2(3),DELTA(28),RDELTA
1(16),CHA(37,4),PER(85,6),EPE(50),ETA(32),AUX1(13),AUX2(26),CPER(85
2,4),IAUX1(10),IAUX2(3),IAUX3(10),IPERF(85),IPER(9)
COMMON/BDATA/BUD(156),ABUD(76),CTD(516),ACTD(384),CTA(508),ACTA(63
10),ICTD(128),IBUD(38),ICTA(126),IAP(18)
COMMON/VARIA/Z1,Z2,TMIN,DP1,TP1,CB4,SB4,CB5,SB5,ITE,ITR,KFIM
DIMENSION Z(60)
REAL L1,L2

```

```

I4=0
FB1=0.8
FB2=0.8
W1=100.*ALFA(6)
CHA(1,3)=W1+0.05*BETA(6)
CHA(2,3)=W1+0.1*(BETA(6)-0.5*BETA(7))
CHA(3,3)=W1-0.03634*BETA(8)
CHA(4,3)=W1-0.05*(BETA(8)+BETA(11))
CHA(5,3)=W1-0.05*(BETA(17)+BETA(11))
CHA(6,3)=W1-0.1*BETA(17)
CHA(7,3)=0.1*(BETA(15)+0.5*BETA(16))
CHA(8,3)=0.05*(BETA(15)+BETA(9))
CHA(9,3)=0.03634*BETA(9)
CHA(12,3)=0.1*BETA(1)
CHA(13,3)=0.05*BETA(1)
CHA(14,3)=CHA(13,3)
CHA(15,3)=CHA(13,3)
CHA(16,3)=0.1*(BETA(1)+0.5*SB4+AUX1(4))
CHA(17,3)=0.1*(BETA(1)+(AUX1(4)+0.5*AUX1(1))*SB4)
J=14+IAUX2(3)
X1=0.1*SB4*AUX1(1)
DO 100 I=18,J
100 CHA(I,3)=CHA(I-1,3)+X1
    CHA(J+1,3)=0.1*(BETA(15)-0.5*SB4+AUX1(5))
    CHA(26,3)=W1-0.1*(BETA(17)-0.5*SB5+AUX1(2))
    CHA(27,3)=CHA(26,3)+0.05*SB5*(AUX1(1)+AUX1(2))
    X1=0.1*SB5*AUX1(1)
    J=24+IAUX2(2)
    DO 110 I=28,J
110 CHA(I,3)=CHA(I-1,3)+X1
    CHA(J+1,3)=W1+0.1*(BETA(6)-BETA(7)-0.5*SB5+AUX1(3))
    IF(BETA(13)) 120,130,120
120 X5=2.*BETA(6)*BETA(13)/(1000.*ALFA(5)-BETA(3))
    Y1=BETA(17)+X5-SB5*(BETA(13)-BETA(10))
    CHA(37,3)=W1+0.1*(X5-0.5*Y1)
130 PER(1,3)=W1+0.05*BETA(6)
    PER(1,5)=GAMA1(3)
    PER(2,5)=GAMA1(28)
    PER(3,5)=GAMA1(23)
    PER(4,3)=0.1*BETA(1)
    PER(4,5)=GAMA1(42)
    PER(5,3)=W1-0.1*(BETA(17)-GAMA1(7))
    PER(5,5)=GAMA1(8)
    J=4+IAUX1(2)
    X1=0.1*GAMA1(8)
    DO 140 I=6,J
140 PER(I,5)=GAMA1(8)
    PER(I,3)=PER(I-1,3)+X1
    PER(21,3)=W1-0.1*(BETA(17)-SB5+GAMA1(10))
    PER(21,5)=GAMA1(11)
    X1=1.E+10
    IF(BETA(13)) 150,160,150
150 X1=(BETA(13)-BETA(10))/CB5
160 X2=GAMA1(10)+GAMA1(12)
    J=20+IAUX1(3)
    X3=0.1*SB5+GAMA1(11)
    X4=0.1*SB5+GAMA1(14)
    DO 220 I=22,J
180 PER(I,3)=PER(I-1,3)+0.1*SB5*(GAMA1(12)+GAMA1(13))

```



```

PER(I,5)=GAMA1(14)
X2=1.E+10
GO TO 220
190 IF(X2=X1) 200,180,210
200 PER(I,3)=PER(I-1,3)+X3
PER(I,5)=GAMA1(11)
X2=X2+GAMA1(11)
GO TO 220
210 PER(I,3)=PER(I-1,3)+X4
PER(I,5)=GAMA1(14)
220 CONTINUE
PER(36,3)=0.1*(BETA(9)+GAMA1(16))
PER(36,5)=GAMA1(17)
J=35+IAUX1(4)
X1=0.1*GAMA1(17)
DO 230 I=37,J
PER(I,5)=GAMA1(17)
230 PER(I,3)=PER(I-1,3)+X1
X1=GAMA1(19)/BETA(9)
J=50+IAUX1(5)
DO 240 I=51,J
PER(I,3)=0.1*BETA(9)+(1.-COS(X1))
PER(I,5)=GAMA1(20)
240 X1=X1+GAMA1(20)/BETA(9)
9 PER(66,3)=0.1*(BETA(1)+SB4*GAMA1(25))
PER(66,5)=GAMA1(26)
J=65+IAUX1(7)
X1=0.1*SB4*GAMA1(26)
DO 250 I=67,J
PER(I,5)=GAMA1(26)
250 PER(I,3)=PER(I-1,3)+X1
IF(BETA(13)) 260,280,200
260 PER(81,3)=W1+0.1*(X5-GAMA1(40))
PER(81,5)=GAMA1(40)
J=80+IAUX1(10)
X1=0.1*GAMA1(40)
DO 270 I=82,J
PER(I,5)=GAMA1(40)
270 PER(I,3)=PER(I-1,3)-X1
280 W2=SQRT(AUX1(7))
W3=SQRT(AUX1(8))
W4=SQRT(AUX1(9))
X1=AMAX1(AUX2(5),GAMA1(2),GAMA1(5))
T1=2.5+0.0008333*X1*W2*SQRT(ALFA(4))
IF(ALFA(4)=190.) 1010,1010,1020
1010 T2=0.001*X1*(7.+0.05882*ALFA(4))/W2
GO TO 1030
1020 T2=X1/(55.*W2)
1030 CHA(1,1)=AMAX1(T1,T2)
DO 1040 I=2,4
1040 CHA(I,1)=CHA(1,1)
X2=AMAX1(AUX2(6),GAMA2(2))
T1=0.001*X2/(1.+(X2/BETA(16))**2)*(16.7+0.05618*L1)/W4
T2=0.0078*X2*W4*SQRT(ALFA(7))
IF(ALFA(4)=190.) 1050,1050,1060
1050 T3=0.001*X2*(7.+0.05882*ALFA(4))/W4
T4=0.
GO TO 1070
1060 T3=X2/(55.*W4)
T4=1.375*T3

```

```

1070 T6=AMAX1(T1,T2,T4)
      T7=AMAX1(T3,0.7564*T2)
      CHA(7,1)=AMIN1(T6,T7)
      IF(BETA(17)-BETA(11)-AUX1(1)-1.) 1080,1080,1090
1080 CHA(5,1)=CHA(7,1)
      GO TO 1130
1090 X1=AMAX1(AUX2(6),GAMA1(8))
      T1=0.001*X1*(10.+0.04348*L1)/W4
      T2=0.0063*X1*W4*SQRT(ALFA(7))
      IF(ALFA(4)-190.) 1100,1100,1110
1100 T4=0.001*X1*(7.+0.05882*ALFA(4))/W4
      T5=0.
      GO TO 1120
1110 T4=X1/(55.*W4)
      T5=T4
1120 T6=AMAX1(0.7778*T2,T4)
      T7=AMAX1(T1,T2,T5)
      CHA(5,1)=AMIN1(T6,T7)
1130 CHA(11,1)=(6.+0.1*L1)*W3
      CHA(12,1)=5.+0.00136*(GAMA1(42)+660.)*(ALFA(4)*ALFA(7))*0.25*W3
      Y2=ALFA(6)+0.001*(BETA(6)-BETA(1))
      IF(IAUX3(1)) 1140,1150,1140
1140 T2=0.004539*GAMA1(42)*W3*SQRT(AUX2(4)*Y2)
      CHA(12,1)=AMAX1(CHA(12,1),T2)
1150 CHA(13,1)=W3*(0.008*AUX2(1)+4.)
      IF(BETA(14)) 1152,1155,1152
1152 CHA(13,1)=CHA(13,1)+1.
1155 CHA(14,1)=W3*(0.0075*AUX2(1)+1.)
      IF(IAUX3(1)) 1160,1165,1160
1160 X1=AMAX1(10.*ALFA(7),9.81*AUX2(4)*Y2-6.67*ALFA(7))
      T2=0.013605*AUX2(2)*X1*BETA(2)*AUX2(3)*W3/BETA(1)
      CHA(14,1)=AMAX1(CHA(14,1),T2)
1165 CHA(15,1)=CHA(14,1)+1.
      CHA(16,1)=CHA(12,1)
      X6=0.004*GAMA1(26)
      X2=GAMA2(1)/GAMA1(26)
      IF(X2-4.) 1170,1180,1180
1170 X6=X6*(1.1-1./(2.5*X2))
1180 T1=0.00136*(GAMA1(26)+660.)*(ALFA(4)*ALFA(7))*0.25*W4
      X3=ALFA(6)+0.001*(BETA(6)-BETA(1)-(AUX1(4)+0.3333*AUX1(1))*SB4)
      IF(IAUX3(1)) 1200,1210,1200
1200 X2=0.001*(BETA(16)+BETA(15)-BETA(1)-(AUX1(4)+.33*AUX1(1))*SB4+(.5*(
11000.*ALFA(5)-BETA(2))-(AUX1(4)+.3*AUX1(1))*CB4-BETA(10))*SB5/CB5)
      X4=0.004539*W4*GAMA1(26)*SQRT(AUX2(4))
      X5=0.001*AUX1(1)*(SB4+CB4*SB5/CB5)
1210 J=14+IAUX2(3)
      X7=0.001*SB4*AUX1(1)
      DO 1250 I=17,J
      T3=0.
      IF(IAUX3(1)) 1240,1245,1240
1240 T3=X4*SQRT(X2)
      X2=X2-X5
1245 CHA(I,1)=AMAX1(T1,3.5+X6*SQRT(X3),T3)
1250 X3=X3-X7
      T2=3.5+X6*SQRT(.001*(BETA(16)+BETA(17)+BETA(6)+.6667*SB4*AUX1(5)))
      T3=0.
      IF(IAUX3(1)) 1260,1270,1260
1260 X2=BETA(16)+0.667*SB4*AUX1(5)+(0.667*AUX1(5)*CB4-BETA(10))*SB5/CB5
      T3=X4*SQRT(0.001*X2)
1270 CHA(J+1,1)=AMAX1(T1,T2,T3)

```

```

X5=AMAX1(GAMA1(11),GAMA1(14))
X2=0.001*(BETA(17)+BETA(6)-0.3333*SB5*AUX1(2))
X3=0.5*(X2+0.001*(AUX1(6)-BETA(6)))
X4=0.5*(ALFA(5)-0.001*BETA(3))
X7=0.004*X5
X0=GAMA2(3)/X5
IF(X0=4.) 1290,1300,1300
1290 X7=X7*(1.1-1./(2.5*X0))
1300 T1=0.01176*X5
X6=AMAX1(X2,X3,X4)
X8=0.001*SB5*AUX1(1)
X9=0.001*(AUX1(6)-BETA(6))
CHA(26,1)=AMAX1(T1,2.5+X7*SQRT(X6))
CHA(6,1)=CHA(26,1)
X2=X2-0.0003333*SB5*(2.*AUX1(2)+AUX1(1))
X3=0.5*(X2+X9)
J=24+IAUX2(2)
DO 1320 I=27,J
X6=AMAX1(X2,X3,X4)
CHA(I,1)=AMAX1(T1,2.5+X7*SQRT(X6))
X2=X2-X8
1320 X3=0.5*(X2+X9)
CHA(J+1,1)=CHA(2,1)
IF(BETA(13)) 1330,1340,1330
1330 CHA(37,1)=15,
1340 X1=AMAX1(GAMA1(2),GAMA1(5))
Y3=AMAX1(1.5,0.001*GAMA2(3))
PER(1,1)=0.12826*X1*Y3*Y3*L1/(864.-L1)
PER(1,4)=CHA(1,1)
X1=0.001*SQRT((BETA(17)-SB5*GAMA1(10))*2+(BETA(10)+CB5*GAMA1(10))
1**2)
X2=AMAX1(X1,0.0006667*(BETA(19)-GAMA1(10)))
X4=0.01*X2*GAMA1(11)*Y3*Y3
X1=0.5*(CHA(26,1)+CHA(24+IAUX2(2),1))
J=IAUX1(3)
IF(BETA(13)) 1360,1400,1360
1360 X5=BETA(10)+CB5*(GAMA1(10)+GAMA1(12))
J=1
1365 IF(ABS(X5-BETA(13))=100.) 1380,1380,1370
1370 J=J+1
X5=X5+CB5*GAMA1(11)
GO TO 1365
1380 X5=1.E-5*(BETA(17)/CB5+BETA(10)/SB5)*GAMA1(14)*Y3*Y3
K=IAUX1(3)-J
DO 1390 I=1,K
PER(20+J+I,1)=X5
1390 PER(20+J+I,4)=X1
1400 DO 1410 I=1,J
PER(20+I,1)=X4
1410 PER(20+I,4)=X1
Y5=AMAX1(0.4*ALFA(6),ALFA(7))
Y6=12.1*L1/(864.-L1)
T2=PER(21,1)*GAMA1(8)/GAMA1(11)
J=4+IAUX1(2)
X5=0.0106*GAMA1(8)*Y3*Y3*ALFA(6)
DO 1420 I=5,J
X2=ALFA(6)-0.01*PER(I,3)
X3=AMIN1(X2,X2+1.6*Y5-ALFA(6))
T1=X5*AMAX1(X3,Y6)/(ALFA(6)+0.54*X2)
PER(I,1)=AMAX1(T1,T2)

```



```

1420 PER(I,4)=CHA(5,1)
      IF(BETA(13)) 1430,1450,1430
1430 X1=0.18925*GAMA1(40)*Y3*Y3*(ALFA(5)-0.001*BETA(3))/ALFA(4)
      J=80+IAUX1(10)
      DO 1440 I=81,J
      PER(I,1)=X1
1440 PER(I,4)=CHA(37,1)
1450 Y4=AMAX1(0.6*ALFA(6),ALFA(7))
      Y4=AMIN1(Y4,0.8*ALFA(6))
      Y7=AMAX1(AUX2(6),GAMA1(17))
      Y8=AMAX1(AUX2(6),GAMA1(23),GAMA1(28))
      Y9=AMAX1(1.5,0.001*GAMA2(1))
      Y10=AMAX1(GAMA1(23),GAMA1(28))
      J1=IAUX1(4)
      DO 2010 I=1,J1
      Z(I)=ALFA(6)-0.01*PER(35+I,3)
      Z(15+I)=AMIN1(Z(I),Z(I)+1.6*Y5-ALFA(6))
2010 Z(15+I)=AMAX1(Z(15+1),Y6)
      Z(46)=0.5*ALFA(6)-0.01*PER(66,3)
      Z(31)=(0.5*(ALFA(5)-0.001*BETA(2))-0.001*(CB4*GAMA1(25)+BETA(10)))
      1*SB5/CB5+0.001*(BETA(15)+BETA(16))-0.01*PER(66,3)
      X1=0.001*SB4*GAMA1(26)
      X2=0.001*CB4*SB5/CB5*GAMA1(26)
      J=IAUX1(7)-1
      DO 2020 I=1,J
      Z(31+I)=Z(30+I)-X1-X2
2020 Z(46+I)=Z(45+I)-X1
      Y11=0.001*Y7*(10.+0.04348*L1)/W4
      Y12=0.0063*Y7*W4*SQRT(ALFA(7))
      IF(ALFA(4)-190.) 2030,2030,2040
2030 T4=0.001*Y7*(10.+0.05882*ALFA(4))/W4
      T5=0.
      T6=0.
      GO TO 2050
2040 T4=Y7/(55.*W4)
      T5=T4
      T6=Y8/(55.*W4)
2050 Y13=0.001*Y8*(10.+0.04348*L1)/W3
      Y14=0.0063*Y8*W3*SQRT(ALFA(7))
      Y15=10.5894*Y10*Y9*Y9*Y4
      Y16=2.*(0.5*ALFA(6)-0.001*BETA(1))/ALFA(6)
      IF(IAUX3(1)) 2060,2070,2060
2060 Y18=1.E-8*0.8091*GAMA1(42)*GAMA2(1)*GAMA2(1)*AUX2(4)*Y2/(1.-0.233*
      1(Y2-0.5*ALFA(6)-0.001*BETA(6))/ALFA(6))
      Y23=1.E-8*0.8091*GAMA1(26)*GAMA2(1)*GAMA2(1)*AUX2(4)
      GO TO 2080
2070 Y17=1.E-8*GAMA1(42)*GAMA2(1)*GAMA2(1)*Y4
      Y25=1.E-8*1.7655*GAMA1(26)*GAMA2(1)*GAMA2(1)*Y4/BETA(1)
2080 Y20=1.11*Y4
      Y22=0.0106*GAMA1(17)*Y9*Y9
      J2=IAUX1(7)
      J3=IAUX1(5)
      Y21=0.5*(CHA(17,1)+CHA(15+IAUX2(3),1))
      I1=0
3000 T2=Y12/(2.-FB1)
      T6=AMAX1(0.9365*T2,T4)
      T7=AMAX1(Y11*SQRT(FB1),T2,T5)
      CHA(8,1)=AMIN1(T6,T7)
      CHA(9,1)=AMAX1(Y13*SQRT(FB1),Y14/SQRT(2.-FB1),T6)
      CHA(10,1)=CHA(9,1)

```

```

PER(2,1)=Y15/(2550.-1640.*FB2)
PER(3,1)=PER(2,1)
PER(2,4)=CHA(10,1)
PER(3,4)=CHA(10,1)
Y24=910./(2550.-1640.*FB2)
X7=1.-Y16*(1.-Y24)
IF(IAUX3(1)) 3020,3010,3020
3010 PER(4,1)=X7*Y17
GO TO 3030
3020 PER(4,1)=X7*Y18
3030 PER(4,4)=CHA(12,1)
DO 3100 I=1,J1
X12=Z(15+I)*ALFA(6)/(1.42*ALFA(6)-0.3*Z(I))*(1.-2.*(0.5*ALFA(6)-0.
101*PER(35+I,3))*(1.-Y24)/ALFA(6))
PER(35+I,1)=Y22*AMIN1(Y20,X12)
3100 PER(35+I,4)=CHA(8,1)
X14=(PER(3,1)-PER(36,1))/J3
DO 3110 I=1,J3
PER(50+I,1)=PER(3,1)-X14*I
3110 PER(50+I,4)=CHA(9,1)
DO 3140 I=1,J2
PER(65+I,4)=Y21
IF(IAUX3(1)) 3130,3120,3130
3120 PER(65+I,1)=Y25*PER(65+I,3)*(1.-2.*(0.5*ALFA(6)-0.01*PER(65+I,3))*
1(1.-Y24)/ALFA(6))
GO TO 3140
3130 PER(65+I,1)=Y23*Z(30+I)/(1.-0.233*Z(45+I)/ALFA(6))*(1.-2.*(0.5*ALF
1A(6)-0.01*PER(65+I,3))*(1.-Y24)/ALFA(6))
3140 CONTINUE
I3=0
CALL CHASV(Y1,I1,I2,I3,I4)
I1=I1+1
IF(IMAT=1) 3990,3500,3990
3500 KI1=1
KI2=2
KI3=3
KI4=4
KI5=5
WRITE(6,3510) KI1,KI2,KI3,KI4
3510 FORMAT(5X,5(/),11X,'I',4(12X,'CHA(I,',I1,')',2X),//)
DO 3530 I=1,37
IF(CHA(I,1)) 3520,3530,3520
3520 WRITE(6,3525) I,(CHA(I,J),J=1,4)
3525 FORMAT(10X,I2,4(10X,E12.6))
3530 CONTINUE
WRITE(6,3540) KI1,KI2,KI3,KI4,KI5
3540 FORMAT(5X,5(/),9X,'I',5(10X,'PER(I,',I1,')',2X),//)
DO 3560 I=1,85
IF(PER(I,1)) 3550,3560,3550
3550 WRITE(6,3555) I,(PER(I,J),J=1,5)
3555 FORMAT(8X,I2,5(8X,E12.6))
3560 CONTINUE
WRITE(6,3570) I1
3570 FORMAT(5X,5(/),10X,'NUMERO DE ITERACOES',I5,5(/))
WRITE(6,3580) ((I,AUX2(I)),I=9,17)
3580 FORMAT(5(2X,'AUX2(',I2,')=' ,E12.6))
3990 I3=1
IF(ABS(AUX2(9)-AUX2(7))=0.001*AUX2(7)) 6000,6000,4900
4900 IF(I1=10) 5000,5000,4950
4950 WRITE(6,4960)

```

```

4960 FORMAT('1',20('/),28X,'0 CALCULO DO MATERIAL LONGITUDINAL NAQ CONVE
1RGIU EM 10 ITERACDES')
KFIM=1
GO TO 9000
5000 J=25+IAUX2(2)
X20=CHA(J,2)*CHA(J,3)+PER(1,2)*PER(1,3)
DO 5010 I=1,4
5010 X20=X20+CHA(I,2)*CHA(I,3)
X20=X20/AUX2(14)
X21=CHA(J,2)*(CHA(J,3)-X20)**2+PER(1,2)*(PER(1,3)-X20)**2
DO 5020 I=1,4
5020 X21=X21+CHA(I,2)*(CHA(I,3)-X20)**2
X21=X21/AUX2(14)
X22=AUX2(15)+AUX2(12)*(X21+X20*X20)-2.*AUX2(13)*X20+0.5*AUX2(7)*(X
120-W1)
X23=AUX2(13)*AUX2(13)-AUX2(12)*AUX2(15)+0.5*AUX2(7)*(W1*AUX2(12)-A
*AUX2(13))
X24=(-X22+SQRT(X22*X22+4.*X21*X23))/(2.*X21)
X20=X24/AUX2(14)
CHA(J,1)=X20*CHA(J,1)
DO 5030 I=1,4
5030 CHA(I,1)=X20*CHA(I,1)
PER(1,4)=CHA(1,1)
I2=0
CALL CMASV(Y1,I1,I2,I3,I4)
I1=I1+1
IF(IMAT=1) 5600,5500,5600
5500 WRITE(6,3510) KI1,KI2,KI3,KI4
DO 5520 I=1,37
IF(CHA(I,1)) 5510,5520,5510
5510 WRITE(6,3525) I,(CHA(I,J),J=1,4)
5520 CONTINUE
WRITE(6,3540) KI1,KI2,KI3,KI4,KI5
DO 5540 I=1,85
IF(PER(I,1)) 5530,5540,5530
5530 WRITE(6,3555) I,(PER(I,J),J=1,5)
5540 CONTINUE
WRITE(6,3570) I1
WRITE(6,3580) ((I,AUX2(I)),I=9,17)
5600 I2=1
FB=AUX2(8)/AUX2(10)
FB1=AMAX1(0.6667,FB)
FB2=AMAX1(0.83,FB)
FB1=AMIN1(FB1,1.)
FB2=AMIN1(FB2,1.)
GO TO 3000
6000 DO 7020 I=1,37
IF(CHA(I,1)) 7010,7020,7010
7010 CHA(I,1)=ESP(CHA(I,1),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
7020 CONTINUE
TP1=PER(1,4)
DP1=ESP(AUX1(12)*PER(1,5),0,10.,3.,0,EPE)
IF(DP1/TP1=18.) 7500,7510,7510
7500 TP1=SQRT(0.05555*AUX1(12)*PER(1,4)*PER(1,5))
TP1=ESP(TP1,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
DP1=ESP(18.*TP1,0,10.,.9,0,EPE)
7510 PER(1,2)=0.01*TP1*DP1
X=(TP1*DP1*DP1-PER(1,5)*PER(1,4)**2)/(2.*(PER(1,4)*PER(1,5)+DP1*TP
11))
PER(1,6)=0.001*(0.25*PER(1,5)*PER(1,4)**3+0.333*TP1*DP1**3-X*X*(TP

```



```

11*DP1+PER(1,4)*PER(1,5)))/(DP1-X)
DO 7520 I=1,85
7520 PER(I,4)=ESP(PER(I,4),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EFE)
IAP(8)=4+IAUX1(2)
IAP(10)=20+IAUX1(3)
IAP(12)=35+IAUX1(4)
IAP(14)=50+IAUX1(5)
IAP(16)=65+IAUX1(7)
IAP(18)=80+IAUX1(10)
DO 7900 I=1,9
IF(IAP(2*I)-IAP(2*I-1)) 7900,7600,7600
7600 IF(IPER(I)) 7610,7690,7700
7610 J1=IAP(2*I-1)
J2=IAP(2*I)
DO 7620 J=J1,J2
CALL CONPER(PER(J,1),PER(J,2),PER(J,4),PER(J,5),PER(J,6),CPER(J,1)
1,CPER(J,2),CPER(J,3),CPER(J,4))
7620 IPERF(J)=0
GO TO 7900
7690 IPER(I)=2
7700 KIK=IPER(I)
GO TO (7710,7720,7730),KIK
7710 CALL AUPER(I,CTD,ICTD,IAP,PER,IPERF,CPER)
GO TO 7900
7720 CALL AUPER(I,BUD,IBUD,IAP,PER,IPERF,CPER)
GO TO 7900
7730 CALL AUPER(I,CTA,ICTA,IAP,PER,IPERF,CPER)
7900 CONTINUE
PER(1,2)=IAUX1(1)*PER(1,2)
PER(2,2)=IAUX1(8)*PER(2,2)
PER(3,2)=IAUX1(6)*PER(3,2)
PER(4,2)=IAUX1(9)*PER(4,2)
I1=0
I2=0
I3=0
I4=1
CALL CMASV(Y1,I1,I2,I3,I4)
ZAA=0.
ZY=0.
DO 8000 I=1,4
ZAA=ZAA+CHA(I,2)
8000 ZY=ZY+CHA(I,2)*CHA(I,3)
ZY=ZY/ZAA
ZL=2.*(BETA(18)+BETA(11)+0.5708*BETA(8)+BETA(7))
IF(AUX2(10)-AUX2(8)) 8100,8600,8600
8100 DO 8500 IK1=1,2
C1=AUX2(7)*(W1-ZY)-AUX2(17)-AUX2(16)*(AUX2(11)-ZY)**2
C2=AUX2(7)*W1-AUX2(17)-AUX2(16)*AUX2(11)*AUX2(11)
C3=-ZY*ZY
C4=AUX2(16)*(AUX2(17)-AUX2(7)*(W1-AUX2(11)))
C5=AUX2(8)*ZY-AUX2(17)-AUX2(16)*(AUX2(11)-ZY)**2
C6=-AUX2(17)-AUX2(16)*AUX2(11)*AUX2(11)
C8=AUX2(16)*(AUX2(17)-AUX2(8)*AUX2(11))
C10=C3*(C6-C2)
C11=C1*C6-C2*C5+C3*(C4-C8)
C12=C4*C5-C1*C8
ARF=(-C11+SQRT(C11*C11-4.*C10*C12))/(2.*C10)
ARC=(C4-C8-ARF*(C2-C6))/(C1-C5)
ZT=ESP(CHA(1,1)+100,ARC/ZL,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EP
1E)

```

```

ARC=0.01*ZL*(ZT-CHA(1,1))
DO 8150 I=1,4
8150 CHA(1,1)=ZT
CHA(1,2)=0.01*ZT*BETA(18)
CHA(2,2)=0.01*ZT*BETA(7)
CHA(3,2)=0.005708*ZT*BETA(8)
CHA(4,2)=0.01*ZT*(BETA(17)-BETA(8))
ZL=1000.*ALFA(5)+1.1416*BETA(9)-BETA(12)
ZT=ESP(CHA(10,1)+100.*ARF/ZL,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),E
1PE)
ARF=0.01*ZL*(ZT-CHA(10,1))
CHA(10,1)=ZT
CHA(9,1)=ZT
CHA(10,2)=0.01*ZT*(500.*ALFA(5)-BETA(9)-0.5*BETA(12))
CHA(9,2)=0.015708*ZT*BETA(9)
ART=AUX2(16)+ARF+ARC
XLN=(AUX2(16)*AUX2(11)+ARC*ZY)/ART
AUX2(17)=AUX2(17)+AUX2(16)*AUX2(11)+ARC*ZY*ZY-ART*XLN*XLN
AUX2(16)=ART
AUX2(11)=XLN
AUX2(9)=AUX2(17)/(W1-AUX2(11))
8500 AUX2(10)=AUX2(17)/AUX2(11)
GO TO 9000
8600 ZDIF=0.001*AUX2(7)
IF(ABS(AUX2(7)-AUX2(9))-ZDIF) 9000,9000,8650
8650 ZAA=ZAR(AUX2(16),AUX2(17),AUX2(11),AUX2(7),W1,ZY)
ZT=ESP(CHA(1,1)+100.*ZAA/ZL,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EP
1E)
ZAA=0.01*ZL*(ZT-CHA(1,1))
DO 8660 I=1,4
8660 CHA(1,1)=ZT
CHA(1,2)=0.01*ZT*BETA(18)
CHA(2,2)=0.01*ZT*BETA(7)
CHA(3,2)=0.005708*ZT*BETA(8)
CHA(4,2)=0.01*ZT*(BETA(11)-BETA(8))
AUX2(9)=ZNOVO(AUX2(16),AUX2(17),AUX2(11),AUX2(10),W1,ZAA,ZY)
IF(ABS(AUX2(7)-AUX2(9))-ZDIF) 9000,9000,8700
8700 ZAA=ZAR(AUX2(16),AUX2(17),AUX2(11),AUX2(7),W1,PER(1,3))
ZT=ESP(TP1+50.*ZAA/(DP1*IAUX1(1)),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3
1(3),EPE)
ZAA=0.02*DP1*IAUX1(1)*(ZT-TP1)
PER(1,2)=0.01*DP1*TP1*IAUX1(1)
TP1=ZT
X=(TP1*DP1*DP1-PER(1,5)*PER(1,4)**2)/(2.*(PER(1,4)*PER(1,5)+DP1*TP
11))
PER(1,6)=0.001*(0.25*PER(1,5)*PER(1,4)**3+0.333*TP1*DP1**3-X*X*(TP
11*DP1+PER(1,4)*PER(1,5)))/(DP1-X)
AUX2(9)=ZNOVO(AUX2(16),AUX2(17),AUX2(11),AUX2(10),W1,ZAA,ZY)
9000 RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE CMASV(Y1,I1,I2,I3,I4)
COMMON/GERAL/ALFA(25),BETA(20),GAMA1(43),GAMA2(3),DELTA(28),RDELTA
1(16),CHA(37,4),PER(85,6),EPE(50),ETA(32),AUX1(13),AUX2(26),CPER(85
2,4),IAUX1(10),IAUX2(3),IAUX3(10),IPERF(85),IPER(9)
COMMON/BOATA/BUD(156),ABUD(76),CTD(516),ACTD(384),CTA(508),ACTA(63)

```

```

10) ICTD(128), IBUD(38), ICTA(126), IAP(18)
COMMON/VARIA/Z1,Z2,TMIN,DP1,TP1,CB4,SB4,CB5,SB5,ITE,ITR,KFIN
IF(I1) 130,10,130
10 X1=BETA(17)-BETA(11)
CHA(5,2)=0.01*X1*CHA(5,1)
CHA(5,4)=1.E-4*0.08333*X1*X1*X1*CHA(5,1)
CHA(6,2)=0.01*BETA(10)*CHA(6,1)
CHA(7,2)=0.01*BETA(16)*CHA(7,1)
CHA(7,4)=1.E-4*0.08333*BETA(16)*BETA(16)*BETA(16)*CHA(7,1)
CHA(11,2)=0.005*BETA(12)*CHA(11,1)
CHA(12,2)=0.005*BETA(2)*CHA(12,1)
X1=CHA(13,1)
IF(BETA(14)) 30,20,30
20 X1=0.5*X1
30 CHA(13,2)=0.01*X1*BETA(1)
CHA(13,4)=1.E-4*0.08333*X1*BETA(1)*BETA(1)*BETA(1)
X2=0.
IF(IAUX3(1)) 50,60,50
50 X2=1.E-4*0.647*AUX2(2)*AUX2(3)*AUX2(4)*BETA(2)
60 X1=AMAX1(0.006667*BETA(1)*CHA(14,1),X2)
CHA(14,2)=X1*(IAUX2(1)-1)
X2=5.*X1/CHA(14,1)
X3=0.05*BETA(1)-0.5*X2
CHA(14,4)=(X1*X3*X3+0.01667*X2*X2*X2*CHA(14,1))*(IAUX2(1)-1)
CHA(15,2)=0.01*BETA(1)*CHA(15,1)
CHA(15,4)=1.E-4*0.08333*BETA(1)*BETA(1)*BETA(1)*CHA(15,1)
J=14+IAUX2(3)
X1=AUX1(4)
DO 80 I=16,J
CHA(I,2)=0.01*X1*CHA(I,1)
CHA(I,4)=1.E-4*0.0833*X1*X1*X1*CHA(I,1)*SB4*SB4
80 X1=AUX1(1)
J=J+1
CHA(J,2)=0.01*AUX1(5)*CHA(J,1)
CHA(J,4)=1.E-4*0.0833*AUX1(5)*AUX1(5)*AUX1(5)*CHA(J,1)*SB4*SB4
X1=AUX1(2)
J=24+IAUX2(2)
DO 90 I=26,J
CHA(I,2)=0.01*X1*CHA(I,1)
CHA(I,4)=1.E-4*0.0833*X1*X1*X1*CHA(I,1)*SB5*SB5
90 X1=AUX1(1)
CHA(37,2)=0.00667*Y1*CHA(37,1)
IF(I4) 130,95,130
95 J=20+IAUX1(3)
DO 100 I=21,J
100 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(11))
J=4+IAUX1(2)
DO 110 I=5,J
110 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(8))
IF(BETA(13)) 115,130,115
115 J=80+IAUX1(10)
DO 120 I=81,J
120 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(40))
130 IF(I1) 140,150,140
140 IF(I2) 160,150,160
150 CHA(1,2)=0.01*BETA(18)*CHA(1,1)
CHA(2,2)=0.01*BETA(7)*CHA(2,1)
CHA(2,4)=1.E-4*0.08333*BETA(7)*BETA(7)*BETA(7)*CHA(2,1)
CHA(3,2)=0.015708*BETA(8)*CHA(3,1)
CHA(3,4)=1.E-5*7.854*BETA(8)*BETA(8)*BETA(8)*CHA(3,1)

```



```

X1=BETA(11)-BETA(8)
CHA(4,2)=0.01*X1*CHA(4,1)
CHA(4,4)=1.E-4*0.08333*X1*X1*X1*CHA(4,1)
J=25+IAUX2(2)
CHA(J,2)=0.01*AUX1(3)*CHA(J,1)
CHA(J,4)=1.E-4*0.08333*AUX1(3)*AUX1(3)*AUX1(3)*CHA(J,1)*SB5*SB5
IF(I4) 152,151,152
151 PER(1,2)=0.01*AUX1(12)*GAMA1(2)*CHA(4,1)*IAUX1(1)
152 AUX2(14)=CHA(J,2)+PER(1,2)
Z1=CHA(J,2)*CHA(J,3)+PER(1,2)*PER(1,3)
Z2=CHA(J,2)*CHA(J,3)*CHA(J,3)+CHA(J,4)+PER(1,2)*PER(1,3)*PER(1,3)
DO 155 I=1,4
AUX2(14)=AUX2(14)+CHA(I,2)
Z1=Z1+CHA(I,2)*CHA(I,3)
155 Z2=Z2+CHA(I,2)*CHA(I,3)*CHA(I,3)+CHA(I,4)
160 IF(I1) 165,170,165
165 IF(I3) 220,170,220
170 X1=BETA(15)-BETA(9)
CHA(8,2)=0.01*X1*CHA(8,1)
CHA(8,4)=1.E-4*0.08333*X1*X1*X1*CHA(8,1)
CHA(9,2)=0.015708*BETA(9)*CHA(9,1)
CHA(9,4)=1.E-5*7.854*BETA(9)*BETA(9)*CHA(9,1)
CHA(10,2)=0.01*CHA(10,1)*(0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(12))-BETA(9))
IF(I4) 220,175,220
175 PER(2,2)=ARPER(PER(2,1),PER(2,4),GAMA1(27))*IAUX1(8)
PER(3,2)=ARPER(PER(3,1),PER(3,4),GAMA1(25))*IAUX1(6)
PER(4,2)=ARPER(PER(4,1),PER(4,4),GAMA1(44))*IAUX1(9)
J=25+IAUX1(4)
DO 180 I=26,J
180 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(7))
J=35+IAUX1(4)
DO 185 I=36,J
185 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(17))
J=50+IAUX1(5)
DO 190 I=51,J
190 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(20))
J=65+IAUX1(7)
DO 200 I=66,J
200 PER(I,2)=ARPER(PER(I,1),PER(I,4),GAMA1(26))
220 J=25+IAUX2(2)
Z3=-CHA(J,2)
Z4=Z3*CHA(J,3)
Z5=Z4*CHA(J,3)-CHA(J,4)
DO 230 I=5,37
Z3=Z3+CHA(I,2)
Z4=Z4+CHA(I,2)*CHA(I,3)
230 Z5=Z5+CHA(I,2)*CHA(I,3)*CHA(I,3)+CHA(I,4)
DO 240 I=2,85
Z3=Z3+PER(I,2)
Z4=Z4+PER(I,2)*PER(I,3)
240 Z5=Z5+PER(I,2)*PER(I,3)**2.
AUX2(12)=Z3
AUX2(13)=Z4
AUX2(15)=Z5
AUX2(16)=2.*(Z3+AUX2(14))
AUX2(11)=2.*(Z4+Z1)/AUX2(16)
AUX2(17)=2.*(Z5+Z2)-AUX2(11)*AUX2(11)*AUX2(16)
AUX2(9)=AUX2(17)/(100.*ALFA(6)-AUX2(11))
AUX2(10)=AUX2(17)/AUX2(11)
RETURN

```

```

=====
SUBROUTINE AUPER(I,X,IX,IAP,PER,IPERF,CPER)
DIMENSION X(1),IX(1),IAP(1),PER(85,1),IPERF(1),CPER(85,1)
N=4.*(X(1)+1.)
J1=IAP(2*I-1)
J2=IAP(2*I)
DO 90 J=J1,J2
IF(X(4)=PER(J,1)) 80,10,10
10 A=X(2)*PER(J,1)+X(3)
DO 30 K=5,N,4
IF(IX((K-1)/4)) 30,20,30
20 IF(X(K+1)=A) 30,40,40
30 CONTINUE
GO TO 80
40 PER(J,6)=MODUL(X(K),X(K+1),X(K+2),X(K+3),PER(J,4),PER(J,5))
IF(PER(J,6)=PER(J,1)) 50,70,70
50 K=K+4
IF(K=N) 60,60,80
60 IF(IX((K-1)/4)) 50,40,50
70 PER(J,2)=X(K+1)
IPERF(J)=(K-1)/4
GO TO 90
80 CALL CONPER(PER(J,1),PER(J,2),PER(J,4),PER(J,5),PER(J,6),CPER(J,1)
1,CPER(J,2),CPER(J,3),CPER(J,4))
IPERF(J)=0
90 CONTINUE
RETURN
END
=====

```

```

=====
SUBROUTINE CONPER(WRQ,AR,T,E,WRA,X1,X2,X3,X4)
AA=AMAX1(60.,4.*T)
AA=0.1*T*AMIN1(AA,0.1*E)
IF(WRQ=700.) 10,20,20
10 I=0.007*WRQ+7.1
X3=I
X3=0.1*X3
GO TO 30
20 X3=1.2
30 X1=1.21151*SQRT(WRQ/X3)
X2=(12.*AA*WRQ+6.*WRQ*X3*X1-4.*AA*X3*X1*X1-X3*X3*X1**3)/(X3*(12.*A
1A*X1+4.*X3*X1*X1))
WRA=X2*X3*X1+X3*X1*X1/6.*(1.+(AA-X2*X3)/(AA+X1*X3/2.))
AR=X3*(X1+X2)
X1=10.*X1
X2=10.*X2
X3=10.*X3
X4=X3
RETURN
END
=====

```

```

=====
SUBROUTINE ESTRAN
COMMON/GERAL/ALFA(25),BETA(20),GAMA1(43),GAMA2(3),DELTA(28),RDELTA
1(16),CHA(37,4),PER(85,6),EPE(50),ETA(32),AUX1(13),AUX2(26),CPER(85
2,4),IAUX1(10),IAUX2(3),IAUX3(10),IPERF(85),IPER(9)
COMMON/BDATA/BUD(156),ABUD(76),CTD(516),ACTD(384),CTA(508),ACTA(63
10),ICTD(128),IBUD(38),ICTA(126),IAP(18)
COMMON/VARIA/Z1,Z2,TMIN,DP1,TP1,CB4,SB4,CB5,SB5,ITE,ITR,KFIM
ETA(1)=TMIN+1
ETA(2)=150.
ETA(3)=TMIN+3.
X1=0.5*(1000.*ALFA(5)-BETA(2))
ETA(4)=ESP(0.333*X1,0.50,5.,0,EPE)
ETA(5)=ESP(0.125*BETA(15),0.50,5.,0,EPE)
ETA(6)=ESP(0.125*BETA(20),0.50,5.,0,EPE)
ETA(7)=700.
ETA(8)=1200.
ETA(9)=600.
X2=X1*BETA(15)/(BETA(15)-BETA(1))
X3=0.5*X2*BETA(15)
X4=X2*(1-((ETA(4)+ETA(6))/CB4)/BETA(15))-ETA(5)
X5=X2/X4
X7=ETA(7)*ETA(7)*(COTAN(0.5*BETA(4))-0.5*(3.1416-BETA(4)))
X9=ETA(9)*ETA(9)*(COTAN(.5*(1.5708-BETA(4)))-0.5*(1.5708+BETA(4)))
X12=X3*(1.-1./(X5*X5)-(BETA(1)/BETA(15))**2)+X7+.2146*ETA(8)*ETA(6
1)+X9-.2146*BETA(9)*BETA(9)
X13=X4+BETA(15)/X5+SQRT(X4*X4+(BETA(15)/X5)**2)*2.*(ETA(7)*COTAN(.
15*BETA(4))+ETA(8)+ETA(9)*COTAN(.5*(1.5708-BETA(4))))+ETA(7)*(3.141
26-BETA(4))+1.5708*ETA(8)+ETA(9)*(1.5708+BETA(4))
X14=7.85*1.E-9*(X12+ETA(1)+X13*ETA(2)*ETA(3))
ETA(29)=2000.*X14/GAMA2(1)
ETA(10)=TMIN
ETA(11)=150.
ETA(12)=TMIN
ETA(13)=ESP(0.166*BETA(17),0.50,5.,0,EPE)
IF(BETA(13)) 10,20,10
10 ETA(14)=ESP(.1*(BETA(18)+BETA(8)),0.50,5.,0,EPE)
ETA(15)=ESP(.08333*BETA(19),0.50,5.,0,EPE)
ETA(18)=0.
GO TO 30
20 ETA(14)=ESP(0.125*(BETA(18)+BETA(8)),0.50,5.,0,EPE)
ETA(15)=ESP(0.125*BETA(19),0.50,5.,0,EPE)
ETA(18)=400.
30 ETA(16)=500.
ETA(17)=700.
XK=BETA(10)*SB5/CB5
X15=0.25*(BETA(17)+BETA(7)+XK)*(1000.*ALFA(5)-BETA(3))-0.5*XK*BETA
1(10)-0.2146*BETA(8)*BETA(8)
X16=BETA(17)-ETA(14)-ETA(13)*SB5/CB5-ETA(15)/CB5+XK
X17=ETA(16)*ETA(16)*(COTAN(.5*(1.5708-BETA(5)))-0.5*(1.5708+BETA(5
1)))
X19=ETA(18)*ETA(18)*(COTAN(.5*BETA(5))-0.5*(3.1416-BETA(5)))
X23=X16*2.*(ETA(16)*COTAN(0.5*(1.5708-BETA(5)))+ETA(17)+ETA(18)*CO
1TAN(0.5*BETA(5)))+ETA(16)*(1.5708+BETA(5))+1.5708*ETA(17)+ETA(18)*
2(3.1416-BETA(5))
IF(BETA(13)) 50,40,50
40 X20=X16*CB5/SB5
X21=0.5*X16*X20

```



```

X24=X23+X20+SORT(X16*X16+X20*X20)
GO TO 60
50 X20=X16-(BETA(13)-ETA(13))*SB5/CB5+0.5*BETA(6)
X21=0.5*(X16+X20)*(BETA(13)-ETA(13))
X24=X23+(BETA(13)-BETA(8))*(1.+1./CB5)
60 X22=X15-X21+X17+0.2146*ETA(7)*ETA(7)+X19
X25=7.85*1.E-9*(X22*ETA(10)+X24*ETA(11)*ETA(12))
ETA(28)=2000.*X25/GAMA2(3)
IF(IAUX3(1)) 70,80,70
70 X26=1.E-6*63.47*GAMA2(1)*AUX2(4)*(ALFA(6)-0.001*(BETA(1)-BETA(6)))
1*BETA(2)*AUX2(25)/BETA(1)
ETA(19)=ESP(1.*X26,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
ETA(20)=ESP(1.4019*X26,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
ETA(31)=3.9250*1.E-6*BETA(1)*BETA(2)*(ETA(19)+ETA(20))/GAMA2(1)
GO TO 110
80 ETA(19)=ESP(0.009*AUX2(1)+1.,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),E
1PE)
ETA(19)=AMAX1(ETA(19),15.)
IF(ETA(19)-BETA(1)/130.) 90,100,100
90 ETA(19)=ESP(BETA(1)/130.,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
100 ETA(20)=ETA(19)
ETA(31)=3.925*1.E-6*BETA(1)*BETA(2)*ETA(19)/GAMA2(1)
110 X26=1.-(BETA(15)-BETA(1))/(5.*AUX2(1))
X26=AMAX1(X26,0.35)
X27=AMIN1(ALFA(6),1.6*ALFA(7))
ETA(21)=0.0013157*(1.35*1.E-6*BETA(16)*BETA(16)+0.11*X26*X27*X27+1
11.)*(1.-(BETA(15)-BETA(1))/(1400.*ALFA(6)))*ALFA(7)*GAMA2(2)
IF(ITE) 115,120,130
115 CALL CONPER(ETA(21),ETA(23),CHA(7,1),GAMA2(2),ETA(22),ETA(24),ETA(
125),ETA(26),ETA(27))
ITR=0
GO TO 170
120 ITE=2
130 GO TO (140,150,160),ITE
140 CALL AUTRA(CTD,ICTD,ETA(21),ETA(22),ETA(23),CHA(7,1),GAMA2(2),ITR,
1ETA(24),ETA(25),ETA(26),ETA(27))
GO TO 170
150 CALL AUTRA(BUD,IBUD,ETA(21),ETA(22),ETA(23),CHA(7,1),GAMA2(2),ITR,
1ETA(24),ETA(25),ETA(26),ETA(27))
GO TO 170
160 CALL AUTRA(CTA,ICTA,ETA(21),ETA(22),ETA(23),CHA(7,1),GAMA2(2),ITR,
1ETA(24),ETA(25),ETA(26),ETA(27))
170 ETA(30)=0.001570*ETA(23)*BETA(16)/GAMA2(2)
ETA(32)=ETA(28)+ETA(29)+ETA(30)+ETA(31)
RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE AUTPA(X,IX,WREQ,WREAL,AREA,TCH,ESP,ITA,X1,X2,X3,X4)
DIMENSION X(1),IX(1)
N=4.*(X(1)+1.)
IF(X(4)-WREQ) 80,10,10
10 A=X(2)*WREQ+X(3)
DO 30 K=5,N,4
IF(IX((K-1)/4)) 30,20,30
20 IF(X(K+1)=A) 30,40,40
30 CONTINUE

```

```

GO TO 80
40 WREAL=MODUL(X(K),X(K+1),X(K+2),X(K+3),TCH,ESP)
   IF(WREAL=WREQ) 50,70,70
50 K=K+4
   IF(K=N) 60,60,80
60 IF(IX((K-1)/4)) 50,40,50
70 AREA=X(K+1)
   ITA=(K-1)/4
   GO TO 90
80 CALL CONPER(WREQ,AREA,TCH,ESP,WREAL,X1,X2,X3,X4)
   ITA=0
90 RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE ANTEP
COMMON/GERAL/ALFA(25),BETA(20),GAMA1(43),GAMA2(3),DELTA(28),RDELTA
1(16),CHA(37,4),PER(85,6),EPE(50),ETA(32),AUX1(13),AUX2(26),CPER(85
2,4),IAUX1(10),IAUX2(3),IAUX3(10),IPERF(85),IPER(9)
COMMON/VARIA/Z1,Z2,TMIN,DP1,TP1,CB4,SB4,CB5,SB5,ITE,ITR
DELTA(23)=ESP(ETA(20)+2.,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
DELTA(24)=9.42E-09*BETA(1)*BETA(2)*DELTA(23)
H2=0.5*(ALFA(6)-0.001*(0.333*BETA(15)-AUX1(6)))
S=1.15*AMAX1(GAMA1(23),GAMA1(17),GAMA1(26))
DELTA(25)=AMAX1(TMIN,0.004*S*SQRT(H2)+2.5)
DELTA(25)=ESP(DELTA(25),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
S3=BETA(20)**2.*SIN(2.*BETA(4))/4.
S4=BETA(1)*BETA(20)*COS(BETA(4))-0.215*(BETA(9))**2.
DELTA(26)=19.62E-09*(S3+S4)*DELTA(25)
H2=0.0005*(0.667*BETA(17)+AUX1(6))
S=1.15*AMAX1(GAMA1(11),GAMA1(14),GAMA1(8),GAMA1(2),GAMA1(5))
DELTA(27)=AMAX1(TMIN,0.004*S*SQRT(H2)+2.5)
DELTA(27)=ESP(DELTA(27),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
S5=BETA(6)*BETA(18)/2.
S6=BETA(19)**2.*SIN(2.*BETA(5))/4.
S7=BETA(10)*BETA(17)-0.215*(BETA(8))**2.
DELTA(28)=19.62E-09*(S5+S6+S7)*DELTA(27)
PP=1000.*ALFA(6)-BETA(1)+BETA(6)
IF(IAUX3(6)=1) 20,10,20
10 DELTA(11)=ESP(0.12*PP,0,100.,50.,0,EPE)
20 DELTA(12)=AMAX1(TMIN,0.004*GAMA1(28)*SQRT(0.001*PP))
   DELTA(12)=ESP(DELTA(12),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
   IF(IAUX3(6)=1) 40,30,40
30 DELTA(14)=ESP(0.2*PP,0,100.,50.,0,EPE)
40 DELTA(15)=AMAX1(TMIN,0.004*GAMA1(28)*SQRT(0.001*PP+0.91)+2.5)
   DELTA(15)=ESP(DELTA(15),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
   IF(IAUX3(6)=1) 60,50,60
50 DELTA(17)=0.5*DELTA(11)
60 DELTA(18)=ESP(TMIN+1.,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
   IF(IAUX3(6)=1) 80,70,80
70 DELTA(20)=0.5*DELTA(14)
80 DELTA(21)=ESP(TMIN+2.,IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
AL=ALFA(6)-0.001*(BETA(1)-BETA(6)+DELTA(11)+DELTA(17))
H=0.5*AL+0.001*DELTA(17)+0.91
H1=0.667*AL+0.001*DELTA(17)+0.91
CALL BUSCAL(DELTA,RDELTA,AL,H,H1,0,TMIN)
DELTA(1)=ESP(DELTA(1),0,5.,2.5,0,EPE)

```



```

DELTA(2)=ESP(DELTA(2),0,5,1.5,0,EPE)
DELTA(3)=ESP(DELTA(3),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
AL=ALFA(6)-0.001*(BETA(1)-BETA(6)+DELTA(14)+DELTA(20))
H=0.667*AL+0.001*DELTA(20)+0.91
H1=0.5*AL+0.001*DELTA(20)
CALL BUSCAL(DELTA,PDELTA,AL,H,H1,1,TMIN)
DELTA(6)=ESP(DELTA(6),0,5,2.5,0,EPE)
DELTA(7)=ESP(DELTA(7),0,5,1.5,0,EPE)
DELTA(8)=ESP(DELTA(8),IAUX3(2),AUX1(10),AUX1(11),IAUX3(3),EPE)
P=DELTA(3)*(DELTA(1)+DELTA(2)/SIN(DELTA(4)))/(DELTA(1)+DELTA(2)/TAN
*N(DELTA(4)))
S1=(BETA(15)-BETA(1)-DELTA(11))*2./TAN(BETA(4))/2.
S2=(BETA(17)-DELTA(17))*(2*BETA(10)+(BETA(17)-DELTA(17))/TAN(BETA
*5))/2.
S=1000.*ALFA(5)*(1000.*ALFA(6)+BETA(6)-DELTA(11)-DELTA(17)-BETA(1)
*)-2*(S1+S2)
DELTA(5)=7.85E-09*P*S
X=DELTA(8)*(DELTA(6)+DELTA(7)/SIN(DELTA(9)))/(DELTA(6)+DELTA(7)/TAN
*N(DELTA(9)))
S8=(BETA(15)-BETA(1)-DELTA(14))*2./TAN(BETA(4))/2.
S9=(BETA(17)-DELTA(20))*(2*BETA(10)+(BETA(17)-DELTA(20))/TAN(BETA
*5))/2.
Y=1000.*ALFA(5)*(1000.*ALFA(6)+BETA(6)-DELTA(14)-DELTA(20)-BETA(1)
*)-2*(S8+S9)
DELTA(10)=7.85E-09*Y*Y
AE=.5*BETA(2)+500.*ALFA(5)-((BETA(15)-BETA(1)-DELTA(11))/TAN(BETA
*(4)))
WA=TMIN*DELTA(11)*(DELTA(2)+100.+GAMA2(1))*5*(IAUX2(1)+1)
AT=(DELTA(2)+100.)*(DELTA(12)+2.)+2.*DELTA(12)*SQRT(DELTA(11))*2.+
*((GAMA2(1)-DELTA(2)-100.)/2.)*2.)
PA=AT*.25*GAMA1(2)*IAUX1(9)
DELTA(13)=(AE*AT+PA)*7.85E-09
AI=.5*BETA(2)+500.*ALFA(5)-((BETA(15)-BETA(1)-DELTA(14))/TAN(BETA
*(4)))
WI=TMIN*DELTA(14)*(DELTA(7)+100.+GAMA2(1))*5*(IAUX2(1)+1)
AB=(DELTA(7)+100.)*(DELTA(15)+2.)+2.*DELTA(15)*SQRT(DELTA(14))*2.+
*((GAMA2(1)-DELTA(7)-100.)/2.)*2.)
PI=AB*.25*GAMA1(2)*IAUX1(9)
DELTA(16)=(AI*AB+WI+PI)*7.85E-09
BE=BETA(3)+(BETA(18)+BETA(8)-BETA(10)-(BETA(17)-DELTA(17))/TAN(BET
*A(5)))
WB=TMIN*DELTA(17)*(DELTA(2)+100.+GAMA2(1))*5*IFIX(BE/1500.-1.)
AS=(DELTA(2)+100.)*DELTA(3)+2.*DELTA(18)*SQRT((DELTA(17))*2.+(GAMA
*A2(1)-DELTA(2)-100.)*2./4.)
DELTA(19)=7.85E-09*(AS*BE+WB)
BI=BETA(3)+(BETA(21)+BETA(8)-BETA(10)-(BETA(17)-DELTA(20))/TAN(BET
*A(5)))
WX=TMIN*DELTA(20)*(DELTA(7)+100.+GAMA2(1))*5*IFIX(BI/1500.-1.)
AX=(DELTA(7)+100.)*DELTA(8)+2.*DELTA(21)*SQRT((DELTA(20))*2.+(GAMA
*A2(1)-DELTA(7)-100.)*2./4.)
DELTA(22)=7.85E-09*(AX*BI+WX)
RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE MERITC(B,D,T,A,R,OBJ,AL,H,H1,ITP,ICON,TMIN)
SA=SIN(A)

```



```

TA=TAN(A)
GG=0.
OBJ=(B+D/SA)/(B+D/TA)*T
DB=AMAX1(B+D/SA)
G=T/TMIN-1.
IF(G) 3,7,7
3 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
7 G=1.4324*A-1.
IF(G) 10,20,20
10 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
20 G=1.5708/A-1.
IF(G) 30,40,40
30 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
40 IF(ITP) 200,50,200
50 G=T/(0.004*DB*SQRT(H1))-1.
IF(G) 70,80,80
70 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
80 G=0.05217*D*T*(6.*B+D*(1.+1./TA))/(H*(B+D/TA)*AL*AL)-1.
IF(G) 90,100,100
90 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
100 G=50.*T/B-1.
IF(G) 110,300,300
110 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
GO TO 300
200 G=T/(0.004*DB*SQRT(H)+2.5)-1.
IF(G) 210,220,220
210 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
220 X=T*D*(3.*B+D/SA)/(B+D/TA)
G=0.01695*X/(H1*AL*AL)-1.
IF(G) 250,260,260
250 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
260 G=0.000263*X*D/(H1*AL**3)-1.
IF(G) 270,280,280
270 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
280 G=50.*T/B-1.
IF(G) 290,300,300
290 OBJ=OBJ+G*G/R
GG=GG+G
300 IF(ABS(GG)-1.E-4) 320,310,310
310 ICON=1
GO TO 400
320 ICON=0
OBJ=(B+D/SA)/(B+D/TA)*T
400 RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE BUSCAL(DELTA,RDELTA,AL,H,H1,ITP,TMIN)

```

```

DIMENSION DELTA(1),RDELTA(1),W(4),IND(4),TA(4),W2(4),S(4,4,2),ALAI
1(4),ALA2(4),IND2(4)
EPS1=1.E-4
K=8*ITP
L=0
J=0
N=0
DO 50 I=1,7,2
IF(ABS(RDELTA(I+K+1)-RDELTA(I+K))=0.001*RDELTA(I+K+1))20,20,10
10 L=L+1
TA(L)=RDELTA(I+K+1)-RDELTA(I+K)
W(L)=RDELTA(I+K)+0.5*TA(L)
IND(L)=(I+1)/2
GO TO 50
20 IND(4-J)=(I+1)/2
W(4-J)=RDELTA(I+K)
J=J+1
50 CONTINUE
DO 80 I=1,L
DO 80 J=1,L
IF(I=J) 70,60,70
60 S(I,J,1)=TA(I)
GO TO 80
70 S(I,J,1)=0.
80 CONTINUE
R=1.
175 CALL MERITO(W(IND(1)),W(IND(2)),W(IND(3)),W(IND(4)),R,FX,AL,H,H1,I
ITP,ICON,TMIN)
N=N+1
180 DO 240 I=1,L
AL1=0.
ALFA=0.1
185 DO 190 J=1,L
190 W(J)=W(J)+ALFA*S(I,J,1)
IF(INTER(L,K,IND,W,RDELTA)) 200,192,200
192 CALL MERITO(W(IND(1)),W(IND(2)),W(IND(3)),W(IND(4)),R,F,AL,H,H1,IT
1P,ICON,TMIN)
N=N+1
IF(FX=F) 200,200,195
195 FX=F
AL1=AL1+ALFA
GO TO 185
200 DO 205 J=1,L
205 W(J)=W(J)-ALFA*S(I,J,1)
210 DO 215 J=1,L
215 W(J)=W(J)-ALFA*S(I,J,1)
IF(INTER(L,K,IND,W,RDELTA)) 225,217,225
217 CALL MERITO(W(IND(1)),W(IND(2)),W(IND(3)),W(IND(4)),R,F,AL,H,H1,IT
1P,ICON,TMIN)
N=N+1
IF(FX=F) 225,225,220
220 FX=F
AL1=AL1-ALFA
GO TO 210
225 DO 230 J=1,L
230 W(J)=W(J)+ALFA*S(I,J,1)
ALFA=0.1*ALFA
IF(ALFA+1.E-10=EPS1) 235,185,185
235 ALAI(I)=AL1
240 CONTINUE

```

```

II=0
JJ=1
DO 265 I=1,L
IF(ABS(ALA1(I))-0.1*EPS1) 245,245,255
245 DO 250 J=1,L
250 S(L-II,J,2)=S(I,J,1)
ALA2(L-II)=ALA1(I)
II=II+1
GO TO 265
255 DO 260 J=1,L
260 S(JJ,J,2)=S(I,J,1)
ALA2(JJ)=ALA1(I)
JJ=JJ+1
265 CONTINUE
JJ=JJ-1
IF(II=L) 270,330,270
270 S1=0.
DO 275 I=1,JJ
275 S1=S1+ALA2(I)*ALA2(I)
S1=SQRT(S1)
DO 285 J=1,L
S2=0.
DO 280 I=1,JJ
280 S2=S2+ALA2(I)*S(I,J,2)
285 S(I,J,1)=S2/S1
IF(JJ=1) 286,310,286
286 DO 305 M=2,JJ
S1=0.
DO 290 I=M,JJ
290 S1=S1+ALA2(I)*ALA2(I)
S2=SQRT((S1+ALA2(M-1)*ALA2(M-1))+S1)
DO 300 J=1,L
S3=0.
DO 295 I=M,JJ
295 S3=S3+ALA2(I)*S(I,J,2)
300 S(M,J,1)=(S1*S(M-1,J,2)+ALA2(M-1)*S3)/S2
305 CONTINUE
IF(JJ=L) 310,180,310
310 JJJ=JJ+1
DO 315 M=JJJ,L
DO 315 J=1,L
315 S(M,J,1)=S(M,J,2)
GO TO 180
330 DO 335 I=1,L
DO 335 J=1,L
IF(I=J) 334,332,334
332 S(I,J,1)=TA(I)
GO TO 335
334 S(I,J,1)=0.
335 CONTINUE
CALL MERITO(W(IND(1)),W(IND(2)),W(IND(3)),W(IND(4)),R,X,AL,H,M1,IT
1P,ICON,TMIN)
IF(ICON) 340,350,340
340 R=0.01*R
GO TO 175
350 K=5+ITP
DELTA(5+K)=X
DO 360 I=1,4
360 DELTA(I+K)=W(IND(I))
RETURN

```


ENC

```

=====
FUNCTION INTER(L,K,IND,W,RDELTA)
DIMENSION IND(1),W(1),RDELTA(1)
DO 30 I=1,L
  II=IND(I)
  JJ=2*II
  KK=1000.*W(II)/RDELTA(JJ-1+K)
  IF(KK=1000) 50,30,20
20  KK=1000.*W(II)/RDELTA(JJ+K)
  IF(KK=1000) 30,30,50
30  CONTINUE
  INTER=0
  GO TO 60
50  INTER=1
60  RETURN
END

```

```

=====
FUNCTION ARPER(A,B,C)
X1=AMAX1(600.,40.*B)
X1=0.0001+B*A**IN1(X1,C)
X2=-0.07377*X1+0.8151
X3=-0.003713*X1*X1*X1+0.02068*X1*X1+0.02717*X1+0.6546
ARPER=X2*A**X3
RETURN
END

```

```

=====
FUNCTION ZAR(ZA,ZI,ZX,ZZ,ZD,ZY)
ZAR=ZA*(ZI+ZZ*(ZX-ZD))/(ZZ*(ZD-ZY)-ZI-ZA*(ZY-ZX)**2)
RETURN
END

```

```

=====
FUNCTION ZNOVD(ZA,ZI,ZX,ZZF,ZD,ZAA,ZY)
A=ZA+ZAA
X=(ZA*ZY+ZAA*ZY)/A
ZI=ZI+ZA*ZX*ZX+ZAA*ZY*ZY-A*X*X
ZA=A
ZX=X
ZZF=ZI/ZX
ZNOVD=ZI/(ZD-ZX)
RETURN
END

```

```
=====
```

```
FUNCTION MODUL(A,B,C,D,T,E)  
  AA=AMAX1(60.,4.*T)  
  AA=0.1*T*AMIN1(AA,0.1+E)  
  TA=B+AA  
  TM=D*B-0.05*T*AA  
  TI=C+B*D*D+0.0025*AA*T*T  
  XLN=TM/TA  
  MODUL=(TI-TA*XLN*XLN)/AMAX1(XLN+0.1*T,A*XLN)  
  RETURN  
END
```

```
=====
```

```
FUNCTION ESP(X,IPAX,ARPE,TEC,IEPE,EPE)  
  DIMENSION EPE(1)  
  IF(IPAX) 10,20,10  
  10 X=X/25.4  
  20 IF(IEPE) 60,30,60  
  30 I=X/ARPE  
  RE=X-I*ARPE  
  IF(RE-TEC) 50,50,40  
  40 I=I+1  
  50 ESP=I*ARPE  
  GO TO 90  
  60 DO 70 J=1,IEPE  
  IF(X-TEC-1.E-5-EPE(J)) 80,80,70  
  70 CONTINUE  
  ESP=X  
  GO TO 90  
  80 ESP=EPE(J)  
  90 IF(IPAX) 100,110,100  
  100 ESP=25.4*ESP  
  110 RETURN  
END
```

```
=====
```

BIBLIOGRAFIA

- (1) - EVANS, J.H. KHOUSHY, D. "Optimized Design of Midship -
Section Structure" - Trans. SNAME - 1963.
- (2) - CHAPMAN, K.R. "Some Aspects of the Application of -
Electronic Computers to Ship Design: Midship Section -
Scantlings" - Trans. RINA - 1966.
- (3) - BUXTON, I.L. "The Design of Tanker Hull Structure by -
Computer with Particular Reference to One Midship Cargo
Tank" - Trans. RINA - 1966.
- (4) - MOE, J. & LUND, S. - "Cost and Weight Minimization of
Structures with Special Emphasis on Longitudinal Stren-
th Members of Tankers" - Trans. TRINA - 1968.
- (5) - POWELL, M.J.D. "On the Calculation of Orthogonal Vectors"
Computer Journal, vol.11, pg.302 - 1968.
- (6) - ALDWINCKLE, D.S. "Computer Aided Structural Design of
Bulk Carriers" - North East Coast Institution of Engi-
neers and Shipbuilders, vol.86, n° 5 e 6 - 1970.
- (7) - MIURA, H. KAVLIE, D. MOE, J. "Interactive and Automated
Design of Ship Structures" - Symposium - Optimization
in Structural Design, Polish Academy of Sciences,
Warsaw - 1973.

- (8) - CARLSEN,C.A. & KAVLIE,D. "Design of Transverse - Plane Bulkheads in Tankers" - Journal of Ship - Research, Vol. 20, nº 2, June - 1976.
- (9) - MATHEWSON,J.I. - "Programme for Computer Design of Ship Structures Developed by Lloyd's Register" - The Motor Ship - november - 1973
- (10) - STIANSEN,S.C. - Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do American Bureau of Shipping - ABS.
- (11) - GILFILLAM,A.W. - "The Economic Design of Bulk Cargo Carrier" - Trans. RINA - 1969.
- (12) - DORMAN,W.J. "Combinated Bulk Carriers" - Marine Technology - October - 1966.
- (13) - MURRAY,J.M. "Large Bulk Carriers" - Trans. IESS-1965
- (14) - KENDRICK,S. "The Structural Design of Supertankers"- Trans.TRINA - 1970.
- (15) - BASTOS Fº,A.O. - "Discussão e Aplicação do Processo Lógico de Dimensionamento Estrutural do Navio" - V - Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval - Rio de Janeiro - 1974.
- (16) - BUSTAMANTE,L.E. "Optimizacion Estrutural de la Section Transversal Estrutural de um Petroleiro"- V Congresso Panamericano de Ingenieria Naval, Transporte Maritimo e Ingenieria Portuaria - Caracas - 1977.

- (17) - DIAS Fº,G.L.S. e outros - "Modelo de Síntese do Material Longitudinal na Secção Mestra da Estrutura de Navios Graneleiros" - V Congresso Nacional de Transportes Marítimos - Construção Naval - Rio de Janeiro, - 1974.
- (18) - DIAS Fº,G.L.S. e outros - "Automated Bulk Carrier - Structural Synthesis" - IV Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Engenharia Portuária e Transportes Marítimos - Lima - 1975.
- (19) - DIAS Fº,G.L.S. & ENERTO,O - "Síntese Automatizada e Otimizada de Anteparas Estruturais" - V Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Engenharia Portuária e Transportes Marítimos - Caracas - 1977.
- (20) - Report of Committe IV-1 & V.1 - 6th International Ship Structures Congress - Boston - 1976.
- (21) - BESS,J. - "Bulk Carriers" - Barker & Howard Ltd. - 1972.
- (22) - The Bulk Carrier Register - 1975 - H.Charlson and Company Ltd. - London - 1975.
- (23) - EVANS,J.H. - "Optimizing Ship Structural Design Through the Choise of Materials" - Society of Naval Architects of Japan - 1970.
- (24) - MOE,J.; KAVLIE,D. & LUND,S. - "Optimun Design of Ship

- Structures" - Society of Naval Architects of Japan - 1970.
- (25) - EVANS, J.H. - "Optimizing Hull Structural Design with High Strength Steels" - SNAME - Spring Meeting - 1967.
- (26) - ABRAHAMSEN, E. - "Optimum Structural Design of Ship - Hulls Within the Rules of a Classification Society" - Det Norske Veritas - Publication N° 39 - 1964.
- (27) - BRACKEN, J. & Mc CORMICK, G.P. - "Selected Applications of Nonlinear Programming" - John Wiley & Sons - 1968.
- (28) - EVANS, J.H. - "Ship Structural Design Concepts" - Cornell Maritime Press, Inc. - 1975.
- (29) - GALLAGHER, R.H. & ZIENKIEWICZ, O.C. - "Optimum Structural Design" - John Wiley & Sons - 1973.
- (30) - ROZVANY, G.I.N. - "Optimal Design of Flexural Systems" - Pergamon Press - 1976.
- (31) - DUFFIN, R.J., PETERSON, E.L. & ZENER, C. - "Geometric Programming Theory and Application" - John Wiley & Sons - 1967.
- (32) - FOX, R.L. - "Optimization Methods for Engineering Design" - Addison-Wesley Pub. Comp. - 1973.
- (33) - COOPER, L. & STEINBERG, P. - "Introduction to Methods of Optimization" - W.B. Saunders Company - 1970.

- (34) - HIMMELBLAU, D.M. - "Applied Nonlinear Programming" - McGraw-Hill - 1972.
- (35) - GIL, P.E. & MURRAY, W. - "Numerical Methods for Constrained Optimization" - Academic Press - 1974.
- (36) - MURRAY, W. - "Numerical Methods for Unconstrained Optimization" - Academic Press - 1972.
- (37) - MOE, J. & GISVOLD, K.M. - "Optimization and Automated Design of Structures" - Norwegian Institute of Technology - Trondheim - 1971.
- (38) - "The Motor Ship" - Ships on Order - end september-1976 outubro - 1976.
- (39) - Programa de Construção Naval - 1975/1979 - Presidência da República do Brasil.
- (40) - "Rules and Regulations for the Construction and Classification of Steel Ships" - "Lloyd's Register of Shipping" - 1976.
- (41) - "Rules for Building and Classing Steel Vessels" - "American of Shipping" - 1977.
- (42) - "Rules for the Construction and Classification of Steel Ships" - "Det Norske Veritas" - 1976.
- (43) - "Rules and Regulations for the Construction and Classification of Steel Vessels" - "Bureau Veritas"-1973.

- (44) - "Regulamento para Classificação e Construção de Aço"-
"Germanifcher Lloyd's" - 1973.
- (45) - DIAS F.G.L.S., outros - "Tabelas e Gráficos de Perfís"
Departamento Naval da EPUSP.