



Diretoria de Portos e Costas  
Embarcamento do comboio  
“NORSUL 12” e “NORSUL VITÓRIA”

**MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS**

**ACIDENTE COM O COMBOIO  
“NORSUL 12/ NORSUL VITÓRIA”**

**São Francisco do Sul - Santa Catarina**

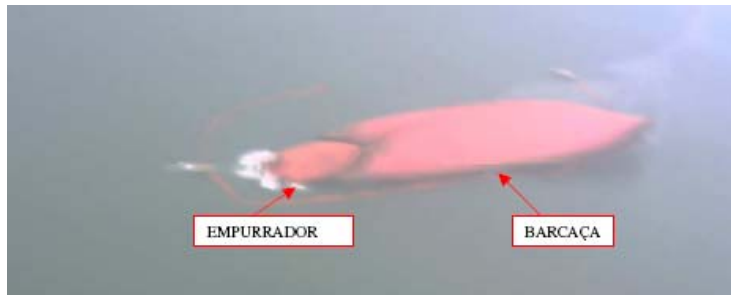
**- 30 DE JANEIRO DE 2008 -**

**RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DO ACIDENTE**



Emborcamento, sem vítimas fatais, do comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA”, no dia 30 de janeiro de 2008, no canal de acesso da baía da Babitonga, na posição LAT 26o 09,8 S e LONG 48o 31,0 W.

## COMBOIO “NORSUL 12”/“NORSUL VITÓRIA” EMBORCADO



### I) DADOS DA EMBARCAÇÃO:

#### (a) CARACTERÍSTICAS O COMBOIO

O comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA”, é tipo “Articulated Connection ITB” (Integrated Tug-Barge). A conexão entre eles é feita mediante dois pinos, um instalado em cada bordo do empurrador, acionados hidraulicamente, que permite movimentos entre o empurrador e a barcaça.

### CARACTERÍSTICAS DAS EMBARCAÇÕES

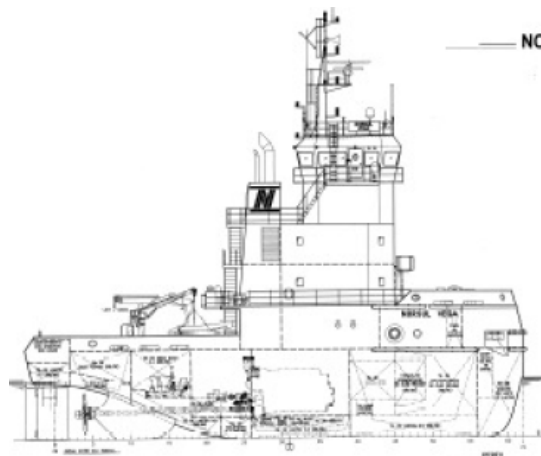
#### **EMPURRADOR “NORSUL VITÓRIA”**

Nome do navio	NORSUL VITÓRIA
Nome do armador	Companhia de Navegação NORSUL
Nome do operador	Companhia de Navegação NORSUL
Construtor	AKER PROMAR S.A.
No do casco	PRO-15
Data batimento da quilha	11/03/05
Data de entrega	27/04/06
Tipo	Empurrador
Registro no Tribunal Marítimo	12778 DVA-C
Sociedade Classificadora	American Bureau of Shipping(ABS)
No Classificadora	06144805
País de Registro	BRASIL
Porto de Registro	São Francisco do Sul
No de Inscrição	442-020769-8
Indicativo de Chamada	PPTH
No IMO	9318450

**Diretoria de Portos e Costas**  
**Embarcamento do comboio**  
**“NORSUL 12” e “NORSUL VITÓRIA”**

Comprimento Total	33,33 m
Comprimento entre perpendiculares	31,10 m
Comprimento de Regra	31,56m
Boca	12,00 m
Pontal	6,00 m
Arqueação Bruta	730
Arqueação Líquida	219
Calado carregado (verão)	4,00 m
Deslocamento Carregado (verão)	865,059 t
Porte Bruto (verão)	197,70 t
Deslocamento leve	675,80 t
Área de Navegação (rádiocomunicação)	A1+A2+A3
Potência MCP	2 x 7830 kiloWatts
Potência MCA	3 x 650 kiloWatts

**PERFIL “NORSUL VITÓRIA”**

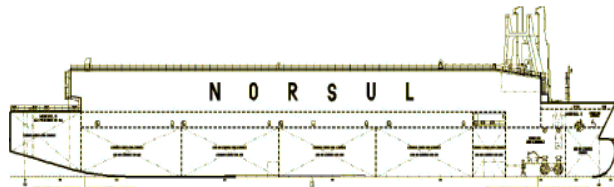


**BARCAÇA “NORSUL 12”**

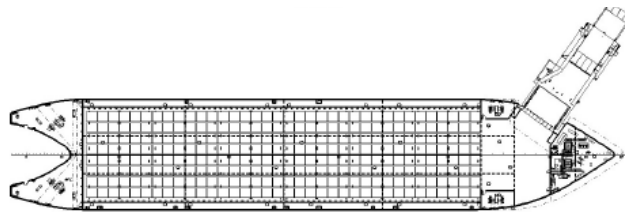
Nome do navio	NORSUL 12
Nome do armador	Companhia de Navegação NORSUL
Nome do operador	Companhia de Navegação NORSUL
Construtor	EISA -Estaleiro Ilha S.A.
No do casco	491
Data batimento da quilha	03/05/05
Data de entrega	24/10/06
Tipo	Barcaça
Registro no Tribunal Marítimo	12880 DVA-W
Sociedade Classificadora	American Bureau of Shipping(ABS)
No Classificadora	06144810

País de Registro	BRASIL
Porto de Registro	São Francisco do Sul
No de Inscrição	442-020770-1
Indicativo de Chamada	Não possui
No IMO	Não possui
Comprimento Total	123,40 m
Comprimento entre perpendiculares	117,00 m
Comprimento de Regra	141,60 m
Boca	22,00 m
Pontal	8,50 m
Arqueação Bruta	11089
Arqueação Líquida	5604
Calado carregado (verão)	6,50 m
Deslocamento Carregado (verão)	13513,574 t
Porte Bruto (verão)	10352,074 t
Deslocamento leve	3161,50 t

### PERFIL “NORSUL 12”

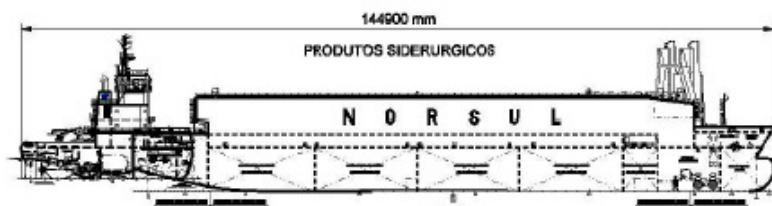


### CONVÉS “NORSUL 12”



O comprimento do conjunto empurrador-barcaça (Integrated Tug-Barge), quando acoplado, é de 144,90 metros.

### PERFIL COMBOIO ‘NORSUL VITÓRIA-NORSUL 12’



## **UNIDADES EMPREGADAS**

Em quase toda a totalidade desse laudo foram empregadas as unidades do Sistema Métrico Internacional (SI), excetuando-se as dimensões nominais das redes e de seus acessórios, que são de mais fácil entendimento no sistema inglês.

### **O PORTE BRUTO**

#### **EMPURRADOR NORSUL VITÓRIA**

Na viagem em que ocorreu o emborcamento, a de no008/08S, o empurrador encontrava-se, no momento do emborcamento com a quantidade de 216,15 toneladas de líquidos em seus tanques, conforme apresentado na tabela abaixo:

Tanques	Quant.(t)	Dens.(t/m3)
Tqs de Lastro	77,64	1,025
Tqs de Óleo Diesel	3,59	0,90
Tqs de Óleo Lubrif.	7,30	0,89
Tqs Diversos	8,48	0,90
Tqs Água Doce	31,26	1,00
Tqs de Óleo Comb.	87,88	0,95
TOTAL	216,15	-X-

Também compõem o Porte Bruto do empurrador o peso das provisões e as chamadas “Constantes”, cujos valores são 0,50 t e 9,46 t, respectivamente.

Assim sendo o Porte Bruto do empurrador totaliza 226,11 toneladas.

Nas condições acima, o empurrador trafegava com:

Calado à vante:	4,059 m
Calado à ré:	4,148 m
Posição Longitudinal do Centro de Gravidade:	0,389 m
Posição Vertical do Centro de Gravidade:	5,088 m
Distância Metacentro -Centro de Gravidade:	0,866 m
Altura Metacêntrica:	6,258 m
Toneladas por Centímetro de Imersão:	3,37 m

#### **BARCAÇA NORSUL 12**

A barcaça encontrava-se carregada com 340 bobinas de aço, totalizando 9014,315t. Os tanques de lastro da barcaça encontravam-se com um total de 183,15 t de água do mar e 9,37 t de óleo diesel, disposto conforme abaixo:

Tanques	Quant.(t)	Dens.(t/m3)
Tq Lastro 1.C	16,40	1,025
Tq Lastro 2.C	37,93	1,025

**Diretoria de Portos e Costas**  
**Embarcamento do comboio**  
**“NORSUL 12” e “NORSUL VITÓRIA”**

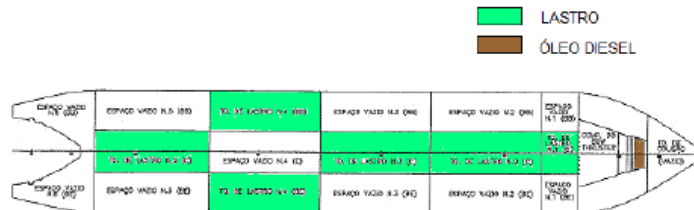
Tq Lastro 3.C	37,93	1,025
Tq Lastro 4.BB	38,95	1,025
Tq Lastro 4.BE	49,20	1,025
Tq Lastro 5.C	11,28	1,025
Tq Serv. O. Diesel C	9,37	0,90
TOTAL	201,06	-X-

Complementam o Porte Bruto da barça o peso dos berços e as chamadas “Constantes”, cujos valores são 254,52 t e 0,80 t, respectivamente. Assim sendo o Porte Bruto da barça totaliza 9452,785 t.

Nas condições acima, a barça trafegava com:

Calado à vante:	6, 105 m
Calado à ré:	6, 141 m
Posição Longitudinal do Centro de Gravidade:	2,506 m
Posição Vertical do Centro de Gravidade:	9,478 m
Distância Metacentro -Centro de Gravidade:	0,618 m
Altura Metacêntrica:	10,317 m
Toneladas por Centímetro de Imersão:	23,37 m

Segue abaixo “croquis” com a disposição do lastro e óleo diesel, observa-se que a maior parte do lastro é disposta na Linha de Centro da barça e somente os tanques de lastro no 4, que atendem ao sistema “anti-heeling” são dispostos nos bordos:



As informações acima também foram fornecidas pelo armador, no documento emitido pela PROJEMAR S. A. “Investigação do Acidente com o Comboio NORSUL 12/ NORSUL VITÓRIA”.

As informações referentes ao porte bruto dessas embarcações foram consideradas pelos executantes dessa perícia como bem consistentes e o Comandante do comboio, o Chefe de Máquinas e a Sub-Chefe de Máquinas, em seus depoimentos confirmaram que não houve nenhuma alteração nas condições de lastro do comboio. Tais dados também não puderam ser confirmados pela perícia visto que durante o embarcamento e as operações o salvamento, o óleo foi retirado de bordo e houve a necessidade de introdução e transferência de lastro, ficando impraticável a confirmação desses dados.

## **A CARGA**

A carga da barça era constituída exclusivamente de bobinas de aço, de formato cilíndrico, com peso variando entre 12,185 e 37,725 t e com diâmetros variando entre 1,529 e 2,021 m e altura entre 1,013 e 1,850 m, num total de 9014,315 t.

## **A ESTIVAGEM DA CARGA**

As bobinas citadas acima se encontravam estivadas sobre berços, fabricados em aço laminado ASTM-A-131 Grau “A” ou superior, de fabricação soldada, no convés principal da barça. O eixo do cilindro das bobinas é posicionado no sentido transversal a linha de centro da barça.

Das 340 bobinas, 04 encontravam-se estivadas no II Nível e 336 estivadas no I Nível (convés principal). A fixação desses berços, que são em número de 84, no convés principal da barça, se faz por meio de acessórios empregados na fixação de contentores.

Esses berços possuem características abaixo:

Comprimento	6,524 m
Largura	2,438 m
Altura	0,932 m
Carga máxima	180 t
Peso	3,254 t
Pontos de fixação no convés	04 pontos

As informações acima foram retiradas do desenho da PROJEMAR S. A, “Berço das Bobinas”, no 1D28-002, Rev. D. Foi observado que, através de filmagens realizadas imediatamente após o acidente, alguns berços encontravam-se suspensos um número inferior de pontos de fixação e outros apresentavam sua fixação por meio de solda no convés.

Também cumpre registrar que, embora no documento “Folheto de Trim e Estabilidade”, no 1D10-110, emitido pela PROJEMAR S. A. é informado por essa empresa, no item 4. NOTAS SOBRE O CARREGAMENTO, que “as bobinas destinadas ao transporte rodoviário, com no máximo de 13 t poderão ser transportadas em duas camadas”, além das condições de carregamento constantes no item 11 CONDIÇÕES TÍPICAS DE CARREGAMENTO não contemplarem bobinas com peso acima de 13 t no II Nível, a barça “NORSUL 12” transportava 04 bobinas com peso unitário superior 13 t a no II Nível, conforme apresentado abaixo:

<b>POSIÇÃO</b>	<b>PESO (KG)</b>
2-25	34105
2-170	36285
4-5	23945
4-170	27015

Também foi observado que existiam várias fileiras com espaços vagos entre as bobinas e conforme apresentado no documento “Folheto de Trim e Estabilidade”, no 1D10-110, que nenhuma das

condições de carregamento ali apresentadas permite a existência de espaços vazios entre as bobinas estivadas no I Nível.

## **DISPOSIÇÃO DAS BOBINAS**



## **A CARGA/DESCARGA**

A embarcação “NORSUL 12” é carregada/descarregada através de caminhões, com jazes próprios para as bobinas em suas carrocerias. Esses caminhões embarcam, um por vez, pela rampa de acesso até uma área de manobra existente à proa, onde uma ponte rolante com capacidade para até 40,0 toneladas retira uma bobina do berço onde está estivada e a coloca sobre a carroceria do caminhão. Os comboios empregados no tráfego entre Vitória e São Francisco do Sul transportam somente bobinas de aço.

## **O SISTEMA “ANTI-HEELING”**

Esse sistema tem por finalidade compensar, durante o carregamento das bobinas, no porto, pequenas bandas decorrentes desse carregamento. Consiste de sensores que informam a banda a um sistema computadorizado, que com o auxílio de bombas, transfere o lastro de um dos tanques no 4, BB ou BE, para o outro de forma a manter a barcaça sem qualquer banda que prejudique o seu carregamento.

## **(b) DOCUMENTOS DA EMBARCAÇÃO** **OS CERTIFICADOS ESTATUÁRIOS**

Os Certificados Estatutários foram recebidos pela Delegacia da Capitania dos Portos em São Francisco do Sul em 28/03/08, sendo todos verificados quanto a sua conformidade em relação às Convenções aplicáveis e a realização das vistorias prescritas nessas Convenções. Após análise, a certificação do navio apresentada foi considerada em conformidade com as Convenções. Segue abaixo a relação dos certificados, suas datas de emissão, expiração e vistorias, apresentadas tal qual o Formulário A, usualmente empregado pelos Inspetores Navais durante suas inspeções em navios:



**“NORSUL VITÓRIA”**

<b>Certificado</b>	<b>Autoridade Emissora</b>	<b>Data de Emissão</b>	<b>Data de Expiração</b>
Segurança de Construção	ABS	23/09/06	26/04/11
Segurança de Equipamento	ABS	23/09/06	26/04/11
Segurança Rádio	ABS	23/09/06	26/04/11
IOPP	ABS	23/09/06	26/04/11
Linha de Carga	ABS	30/10/06	26/04/11
DOC/ISM	DNV	07/08/03	18/12/07
SMC/ISM	DNV	07/11/06	07/11/11
Tripulação de Segurança	DelSFSul	30/05/06	-X-
IAPP	ABS	30/10/06	26/04/11
Arqueação	ABS	23/01/08	-X-
Registro	Pais de Bandeira	10/08/06	-X-
IAPP	ABS	23/09/06	26/04/11
Certificado de Classe	ABS	27/07/06	26/04/11
SEWAGE	ABS	23/01/08	26/04/11

Foi observado que, embora os documentos técnicos do empurrador “NORSUL VITÓRIA” registrem a capacidade e a função de eventualmente rebocar a barcaça, essa embarcação não possui o respectivo Certificado de Tração Estática requerido pela NORMAM-01/DPC em seu item 0308.

**“NORSUL 12”**

<b>Certificado</b>	<b>Autoridade Emissora</b>	<b>Data de Emissão</b>	<b>Data de Expiração</b>
Segurança de Construção	ABS	23/09/06	26/04/11
Segurança de Equipamento	ABS	23/09/06	26/04/11
IOPP	ABS	14/05/07	23/11/11
Linha de Carga	ABS	14/05/07	23/10/11
DOC/ISM	DNV	07/08/03	18/12/07
SMC/ISM	DNV	07/11/06	07/11/11
Arqueação	ABS	11/10/06	
Registro	Pais de Bandeira		
Certificado de Classe	ABS	24/04/07	23/10/11

ABS: American Bureau of Shipping  
DNV: Det Norske Veritas

**ÚLTIMA INSPEÇÃO DE CONTROLE PELO ESTADO DA BANDEIRA (FLAG STATE CONTROL)**

A última inspeção realizada em conformidade com o Acordo de Viña Del Mar foi feita pelos Inspectores Navais lotados na Capitania dos Portos do Espírito Santo, no dia em 16/07/07, no porto de Vitória, ES, no empurrador “NORSUL VITÓRIA”.

O relatório dessa inspeção (Formulário B) registra 08(oito) deficiências. As últimas deficiências da embarcação foram sanadas em 19/09/2007. Não existem registros de inspeções navais realizadas na barcaça “NORSUL 12”.

**A SOCIEDADE CLASSIFICADORA AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS)**

A Sociedade Classificadora das embarcações é a AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS), tem mantido as embarcações “NORSUL VITÓRIA” e “NORSUL 12” em classe desde o batimento de suas quilhas.

As notações de classe das embarcações denotam que as embarcações e seus sistemas foram construídos em conformidade com as regras da Sociedade Classificadora e sua construção também foi acompanhada por ela:

**Empurrador “NORSUL VITÓRIA”:**

 "Towing Service"  AMS  ABCU(16/24)

**Barcaça “NORSUL 12”:**

 "Barge"

**A SOCIEDADE CLASSIFICADORA DET NORSKE VERITAS (DNV)**

A Sociedade Classificadora DET NORSKE VERITAS (DNV), tem emitido os certificados referentes ao International Safety Management (ISM Code) tanto o Document of Compliance (DOC/ISM) e o Safety Management of Compliance (SMC/ISM), aplicáveis a empresa Companhia de Navegação NORSUL e as embarcações “NORSUL VITÓRIA” e “NORSUL 12”, respectivamente.

**(c) CONDIÇÃO EM QUE SE ENCONTRAVA A EMBARCAÇÃO:  
O MATERIAL DE SALVATAGEM**

Durante a perícia realizada no navio, foi constatado que o material salva-vidas não foi empregado pela tripulação em face da dificuldade em fazer o lançamento e a disponibilidade de embarcações pequenas na área para o abandono.

Vários tripulantes foram lançados ao mar durante o embarcamento e posteriormente recolhidos. A embarcação da Praticagem a “PILOT 4”, chamada pelo práctico, através do VHF, foi a primeira a chegar ao local do embarcamento e recolheu todos os náufragos. Conforme atestado pelo documento Certificado de Segurança de Equipamento e pela última inspeção naval realizada pode-se afirmar que o material de salvatagem se encontrava em boas condições de uso.

### **O DOCUMENTO PROJEMAR S. A . - “INVESTIGAÇÃO DO ACIDENTE COM O COMBOIO NORSUL 12-NORSUL VITÓRIA”**

No dia 20/05/08, foi apresentado pela empresa NORSUL o documento “Investigação do Acidente com o Comboio NORSUL 12-NORSUL VITÓRIA”. Esse documento foi elaborado pela empresa PROJEMAR S. A., a projetista das embarcações componentes do comboio, e espelha as condições em que as embarcações se encontravam e simula diversas situações através do emprego do programa Autohydro, criado pela empresa AUTOSHIP CORPORATION.

A PROJEMAR S. A. é uma empresa nacional, com larga experiência em projetos de embarcações de diversos portes. Também cumpre registrar que, face aos valores dos dados de entrada do programa citado acima, as quantidades de lastro da barçaça “NORSUL 12” diferem em torno de 0,57%, dos valores de lastro informados pela administração da Cia de Navegação NORSUL, em Vitória. Tal variação não influencia nos resultados obtidos ao longo desse relatório.

O documento entregue apresentava considerações sobre os tópicos elencados abaixo:

a) As condições de carregamento do empurrador e da barçaça no momento do acidente.

Esse tópico consiste do levantamento dos dados necessários para a definição das condições de carregamento e, por conseguinte, da condição hidrostática do comboio.

b) A verificação da estabilidade intacta do empurrador, da barçaça e do comboio. Com as condições de carregamento no momento do acidente, a estabilidade do comboio foi calculada sem que fosse observada qualquer anormalidade quanto ao cumprimento dos requisitos preconizados nas “NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA” em vigor.

c) O efeito estático do carregamento (bobinas), contemplando o deslocamento das bobinas estivadas no II Nível e de todas as bobinas para BB.

d) O efeito estático do movimento do “trolley”.

Essa hipótese foi analisada, porém foi descartada visto que a estivagem desse trolley é feita a BB.

e) O efeito estático de uma transferência acidental de lastro pelo sistema “antiheeling”.

f) O efeito de um alagamento hipotético, gerado por uma avaria ou alagamento acidental do tanque de lastro no 4 de BB. Para essa condição, a banda final do comboio ficará em 24o.

g) Os efeitos dos alagamentos dos espaços fechados acima do convés principal (túnel de passagem e espaço de carga).

h) Efeitos dinâmicos e suas combinações que levam ao alagamento dos espaços fechados acima do convés principal: manobra brusca (guinada), vento, ondas e afundamento dinâmico (sinkage). Esse tópico quantifica os efeitos dinâmicos que podem ter levado o comboio a ângulos de inclinação que possibilitariam o alagamento do corredor e do compartimento de carga.

### **Manobra Brusca (Guinada)**

Como o empurrador é dotado de 02 lemes do tipo “flap rudder” de alto desempenho, que podem ser acionados simultaneamente por 02 máquinas de leme foi realizada uma avaliação do ângulo de inclinação do comboio quando da realização de uma manobra brusca trafegando a 10,0 nós. Para tal foram extrapolados dados dos ensaios realizados no tanque de provas do MARIN, em Wageningen, Holanda, visto que a velocidade simulada nos ensaios era de 12,0 nós. O GM também foi extrapolado de 0,95 m para 0,618 m.

O resultado obtido foi de uma inclinação de até aproximadamente um ângulo de 12,0o .

### **MODELO/ENSAIO NO “MARIN”**



Apesar dos ensaios com modelos reduzidos terem sinalizado o adernamento acentuado do comboio, quando realizando manobras de zig-zag, nenhum documento técnico passado ao armador realça esse tipo de comportamento das embarcações.

### **Influência do Vento**

O comboio também foi ensaiado quanto a influência do vento em sua superfície. Nesse caso, os ensaios foram realizados nos laboratórios da FORCE Technology, em Lyngby, na Dinamarca.

Os cálculos apresentados informam que a inclinação do comboio seria de até 1°, nas rajadas, que poderiam apresentar um valor superior de até 30% a velocidade do vento, que era em torno de 20,0 nós na ocasião.

Por ocasião do acidente os ventos sopravam de Nordeste com uma intensidade de até 30,0 nós nas rajadas, conforme o Boletim de Informações Ambientais, datado de 29 de abril de 2008, emitido pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM).

## **Influência das Ondas**

O relatório apresenta uma estimativa da resposta de movimentos do comboio em uma situação de mar semelhante a que se apresentava no dia do acidente, quando as ondas eram da ordem de 1,5 m a 2,0 m.

O “Movimento Relativo da Proa” variou de 1,60 m a 6,0 m e o “Jogo” de 0,7° a 3,5°, para uma altura significativa de onda de 2,0 m, logo seria razoável estimar-se o adernamento do comboio em 3° para esses efeitos.

Esses resultados também foram obtidos com base nos testes realizados no MARIN.

## **Afundamento Dinâmico (sinkage)**

Também fundamentado em nos ensaios realizados no MARIN, foi calculado o afundamento dinâmico do comboio, quando trafegando em águas profundas à 10,0 nós.

Nessa condição foi observado um afundamento pela proa (abicamento) de 0,12 m.

A estabilidade do comboio, quando somados todos os efeitos dinâmicos descritos no relatório em pauta, apresenta uma inclinação de 16,0°, que seria suficiente para atingir o a porta do corredor, mas não comprometeria a estabilidade do comboio.

O que se conclui é que os efeitos dinâmicos analisados seriam incapazes de levar as embarcações a inclinações que oferecessem algum risco a elas, exceto quando se somassem e houvesse algum outro fator que possibilitasse o alagamento.

i) Alagamento dos espaços fechados acima do convés principal até a condição necessária para a movimentação da carga.

Uma estimativa do tempo de alagamento do corredor e do volume de água que embarca na barcaça pela porta de acesso a esse compartimento é apresentada nesse tópico, seus valores são de 1 a 2 minutos, com um volume de água entre 157 a 314 metros cúbicos por minuto.

Essas estimativas são baseadas na posição da porta e na velocidade do comboio. O alagamento decorrente leva o comboio a um ângulo de inclinação de 27,0°, que seria suficiente para atingir a porta de acesso ao compartimento de carga.

j) Combinação do alagamento dos espaços fechados acima do convés principal e a movimentação da carga.

Nesse tópico, é apresentado que a ocorrência de um alagamento progressivo do corredor e do compartimento de carga possibilita a existência de um momento emborcador capaz de adernar a embarcação até o ângulo de 27,0°.

Em torno desse ângulo, as bobinas iniciam seu escorregamento/tombamento dentro do compartimento gerando um momento emborcador que ultrapassa o momento restaurador comprometendo a estabilidade de todo comboio, causando seu emborcamento.

Finalizando, o documento em pauta foi analisado pelos peritos e as situações nele apresentadas podem ser consideradas como condizentes com a realidade.

### **A CONDIÇÃO DE ESFORÇOS ESTRUTURAIS**

Foram analisadas duas condições esforços - os momentos fletores e os esforços cortantes - em função do carregamento da barça, sendo a primeira a condição analisada a Condição de Carregamento no 16 do documento “Estudo de Carga e Descarga - Conjunto Articulado Empurrador-Barça de 1000 tpb (Barça)”, nº 1D11-008, onde a carga era de 9450 t e o lastro era de 163,37 t, que é uma condição de carregamento com esforços superiores à condição de esforços que a barça apresentava e, a segunda, a apresentada no documento “Investigação do Acidente com o Comboio NORSUL 12-NORSUL VITÓRIA”, onde também são apresentados os cálculos desses esforços.

Em ambas as condições de esforços verificadas, foi observado que, nos respectivos diagramas de “Esforços Cortantes” e “Momentos Fletores”, a barça não apresentava uma condição de esforço de estrutural extremo, constatando-se que os esforços estruturais no momento do acidente não ultrapassavam aos valores máximos permitidos para a embarcação.

### **A ESTABILIDADE INTACTA**

Foi realizada uma análise da estabilidade intacta da embarcação “NORSUL 12”, sendo utilizados, para a definição do Porte Bruto, os valores já elencados neste relatório nos itens “O PORTE BRUTO” e “A CARGA” e o documento “Folheto de Trim e Estabilidade”, no 1D10-110, emitido pela PROJEMAR S. A.

Para a verificação da posição do centro de gravidade da carga foi utilizado o documento “Viagem 008/08S”, apresentado pela empresa NORSUL S.A., contemplando a localização e o peso unitário das bobinas na embarcação em pauta. Foi observada uma pequena divergência entre o centro de gravidade das bobinas obtido e o apresentado no documento “Investigação do Acidente com o Comboio NORSUL 12-NORSUL VITÓRIA”, mas que não veio a invalidar os cálculos de estabilidade já realizados.

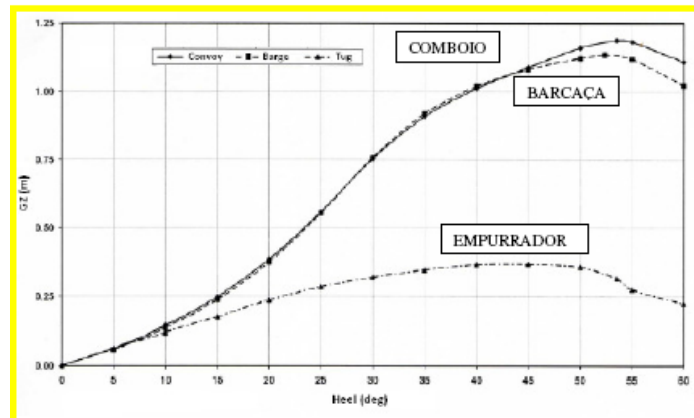
As posições de 02 bobinas no II Nível, informadas no documento “Viagem 008/08S”, foram corrigidas para a sua posição e o centro de gravidade da carga também foi calculado para essa posição. Conforme informado pelo armador, essas duas bobinas foram estivadas no I Nível.

Foi verificada a condição de carregamento para a embarcação “NORSUL 12” na chegada em São Francisco do Sul com carga e lastro. Foi observado que, mesmo em tráfego em águas interiores, e a embarcação encontra-se fora da embocadura da baía Babitonga, em área considerada como “Interior 2”, conforme preconizado nas “Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos de Santa Catarina”, no item 0102 do seu capítulo 1, a porta de acesso ao corredor não poderia ser aberta visto que, em tal condição, a barça não atende ao critério pertinente ao ângulo de alagamento preconizado nas “Normas para as Embarcações Empregadas na Navegação Interior - NORMAM-02/DPC”.

Também foi observado que existiam várias fileiras com espaços vagos entre as bobinas.

A condição verificada acima não apresentou qualquer não conformidade às normas aplicáveis vindo coadunar com a condição apresentada no documento emitido pela PROJEMAR S. A. “Investigação do Acidente com o Comboio NORSUL 12-NORSUL VITÓRIA”.

A Curva de Estabilidade Estática do comboio, composta das curvas do empurrador e da barcaça encontram-se abaixo. Observa-se que o determinante na estabilidade do conjunto é a barcaça.



## **CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESCORREGAMENTO/TOMBAMENTO DA CARGA**

Em virtude de carga não ser peada e a manutenção de sua posição feita exclusivamente pelo atrito entre a bobina e o berço ou pelo atrito entre bobinas, no caso das bobinas posicionadas no II Nível, foi realizada uma avaliação dessa situação da carga, que está apresentada no anexo “Avaliação Tombamento/Escurregamento da Carga”.

## **O EFEITO “SQUAT”**

O comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA”, no momento do seu emborcamento, encontrava-se trafegando em canal de águas rasas a uma velocidade de aproximadamente 10,0 nós e como o fenômeno SQUAT é a tendência de um navio a afundar e adquirir trim quando em movimento, no caso desse tipo de embarcação, um trim pela proa, diminuindo o seu possível ângulo de alagamento, se considerarmos as portas do compartimento de carga e do corredor abertas.

Assim sendo, esse efeito está sendo quantificado no anexo “Avaliação do efeito SQUAT” e sua contribuição para a diminuição do ângulo de alagamento, com as portas já mencionadas abertas. Considerando um afundamento da proa de 0,60 m, o ângulo de alagamento, passa a ser de aproximadamente de 12,9°, para a porta de acesso ao corredor.

## **A PERÍCIA DAS EMBARCAÇÕES**

A primeira ida dos peritos ao comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e pelo empurrador “NORSUL VITÓRIA” após o acidente ocorreu no dia 14/02/08 às 10:00 horas.

Na oportunidade, as embarcações encontravam-se embarcadas, conectadas através dos pinos de articulação do empurrador. Somente parte do costado e o fundo das embarcações encontravam-se emersos, com uma banda de aproximadamente 20°, conforme pode ser observado nas fotos tiradas na ocasião. A parte superior de BB da barcaça encontrava-se tocando o leito das margens do canal e boreste situava-se a aproximadamente 3,0 metros do fundo.

O acesso ao interior só estava sendo realizado por mergulhadores autônomos, contratados pela seguradora das embarcações. Assim sendo não foi possível o acesso dos peritos ao interior das embarcações.

O empurrador “NORSUL VITÓRIA” apresentava o seu leme de boreste com um pequeno angulo para bombordo.

Excetuando-se as mossas à proa desse rebocador, não foi observada qualquer avaria em suas obras vivas ou no costado. O espelho de popa se encontrava submerso, não podendo ser observado durante essa perícia.

A barcaça “NORSUL-12” também não apresentava avarias em seu fundo e na parte do costado que se encontrava visível, entretanto, uma faixa localizada, no fundo, próximo à bolina de bombordo, indicava que essa embarcação havia tocado o leito da baía. A operação de retirada do óleo de bordo, após o acidente, foi realizada pela empresa holandesa Smit Salvage B. V. A empresa contratada para realizar a faina de desembarcamento do comboio foi a empresa holandesa Svitzer Wijismuller.



Em 03/05/08, face as severas condições meteorológicas da região, composta de ventos com força 7 a 8, na escala Beaufort e ondas com mais de 2 m, o casco da barcaça se separou do compartimento de carga, a chamada garagem, ficando liberado.

No fundo ficaram as bobinas e alguns berços no fundo da baía, na posição inicial do embarcamento.

O empurrador “NORSUL VITÓRIA” permaneceu na mesma posição, visto sua superestrutura estar em contato com o fundo.



O desembarcamento foi realizado através de manobra de lastro e tração por meio de cabos, conforme descrito no documento “T08031-PROPOSAL FOR THE SALVAGE OF NORSUL VITÓRIA & NORSUL 12”, emitido pela empresa Svitzer Wijismuller.

No dia 13/06/08, após o desembarcamento da barça “NORSUL 12”, realizado no dia 07/06/08 e posteriormente rebocada para contrabordo da balsa “SUPERPESA X”, o perito foi a bordo dessa embarcação, encontrando-a bastante suja de incrustações biológicas. Nessa oportunidade, não foi observada alguma evidencia que pudesse contribuir para o esclarecimento do acidente.

Os berços que, por ocasião do desembarcamento, encontravam-se fixados no convés da barça foram estivados no convés da balsa “SUPERPESA X”.

Nessa oportunidade, ficou constatado que as 02 travas inferiores da rampa de desembarque/embarque encontravam-se na posição normal de fechamento da rampa, denotando assim que ela encontrava-se totalmente fechada no momento do embarcamento.

A rampa de acesso possuía o peso de 200 toneladas e, quando aberta, sem estar apoiada no cais de atracação, na condição de carregamento do acidente, seria capaz de adernar a barça para bombordo em ângulos superiores a 7°.

Pode-se ter uma noção do tamanho dessa rampa em relação à barça observando-se a figura “CONVÉS NORSUL 12”. Também foi constatado que as portas de acesso ao corredor de BB e ao compartimento de carga desse mesmo bordo encontravam-se abertas. Até a data de encerramento desse relatório, restavam no fundo 109 bobinas e 04 berços.

### **FILMAGENS SUBMARINAS REALIZADAS**

Em 18/02/08, foi realizada uma filmagem submarina, realizada por mergulhadores do 5o Distrito Naval, onde foi observada a situação da carga, que se encontrava posicionada sobre o teto da cobertura do compartimento de carga, alguns berços fixados sobre o convés de carga e a inexistência de avarias nesse convés.

Em 02/05/08, outra filmagem, feita por mergulhadores do 5o Distrito Naval e da Base Naval Almirante Castro e Silva, onde foram observadas as avarias na rampa, em quadros elétricos, no próprio fundo exposto da barça e do empurrador e outros detalhes, sendo que, nessa filmagem, foi constatado que o Centro de Controle de Lastro encontrava-se fechado com cadeado.

Em ambas as filmagens submarinas, a transparência da água não era boa, muitas vezes não permitindo se ter uma noção melhor do detalhe visualizado.

## **II) DADOS PESSOAIS:**

### **(a) QUALIFICAÇÃO DOS AQUAVIÁRIOS**

A tripulação do empurrador era constituída de 11(onze) tripulantes.

**Diretoria de Portos e Costas**  
**Embarcamento do comboio**  
**“NORSUL 12” e “NORSUL VITÓRIA”**

Considerando a importância da qualificação dos tripulantes será confrontado abaixo o Cartão de Tripulação de Segurança (CTS), emitido pela Delegacia da em São Francisco do Sul, em 09/11/2007, com os certificados de qualificação dos tripulantes embarcados.

O CTS refere-se somente ao empurrador “NORSUL VITÓRIA”. A barça “NORSUL 12” não era tripulada.

**O CARTÃO DE TRIPULAÇÃO DE SEGURANÇA (CTS)**

GRAU / CAPACIDADE <i>Grade/capacity</i>	CERTIFICADO (REGRA STCW) <i>Certificate (STCW regulation)</i>	NÚMERO DE PESSOAS <i>Number of persons</i>		
		Categoria <i>(Category)</i>	Nível <i>(Level)</i>	Quantidade <i>(Quantity)</i>
Comandante ( <i>Master</i> )	IV/2	CPI	9	01
Imediato ( <i>Chief Officer</i> )	II/III/3IV/2	1ON	8	01
Oficial de Náutica ( <i>Deck Officer</i> )	II/III/3IV/2	2ON	7	01
Radio Operador ( <i>Radio Officer</i> )	IV/2	2OR	7	01 <sup>1)</sup>
Contramestre ( <i>Boatswain</i> )	-	-	-	-
Chefe de Máquinas ( <i>Chief Engineer</i> )	III/2	1OM	8	01
Subchefe de Máquinas ( <i>Second Engineer</i> )	III/1	2OM	7	01
Oficial de Máquinas ( <i>Engineer Officer</i> )	-	-	-	-
Condutor ( <i>Petty Officer Engineer</i> )	-	-	-	-
Eletricista ( <i>Electrician</i> )	III/4	ELT	5	01
Enfermeiro/ Auxiliar de Saúde ( <i>Male Nurse</i> )	-	ASA	3	01 <sup>2)</sup>
Cozinheiro ( <i>Cook</i> )	-	-	-	-
Talfeiro ( <i>Steward</i> )	-	-	-	-
Marinheiro de Máquinas ( <i>Oiler</i> )	-	-	-	-
Marinheiro de Convés ( <i>Able Seaman</i> )	-	-	-	-
Moço de Convés ( <i>Ordinary Seaman</i> )	IV/4	MOC	3	01 <sup>3)</sup>
Moço de Máquinas ( <i>Wiper</i> )	III/4	MOM	3	02
TOTAL (TOTAL NUMBER)				11

O CTS do empurrador “NORSUL VITÓRIA” possui as seguintes exigências adicionais:

- 1) A função do Rádio Operador será exercida por um Oficial de Náutica que preencha os requisitos do Capítulo IV da Convenção STCW78/95;
- 2) A função do ASA poderá ser exercida por um tripulante que possua o curso de 1o Socorros reconhecido pela Diretoria de Portos e Costas (DPC); e
- 3) Um Moço de Convés poderá ser substituído por um cozinheiro (CZA).

Após análise da documentação referente à qualificação dos aquaviários embarcados, foi verificada e considerada em conformidade com a “International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping” (Convenção STCW 78/95).

Entretanto, foi observado, através do documento “Pedido de Despacho”, que um tripulante havia sido despachado como Marinheiro de Convés e, no entanto, não possuía essa qualificação.

### III) DADOS DO LOCAL DO ACIDENTE:

#### (a) IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL

O embarcamento do conjunto comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA”, ocorreu no canal de acesso da baía da Babitonga, ficando esse conjunto na posição LAT 26° 09,8 S e LONG 48° 31,0 W. A profundidade no local é de aproximadamente 8,0 m. A distância ao litoral era de 0,7 quilômetros e da cidade de São Francisco do Sul era de 15 quilômetros.

Esses dados foram retirados da Carta Náutica nº1840 “Canal de Acesso ao Porto de São Francisco do Sul”, da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN). Segue abaixo parte reproduzida da carta acima mencionada com a posição das embarcações:



#### (b) CONDIÇÕES AMBIENTAIS A MARÉ

No horário do acidente, a maré prevista para o horário era vazante, com preamar às 20:43 do dia 30/01/08 e baixamar às 00:06 do dia 31/01/08, com altura de 0,6 m, conforme a publicação “Tábuas das Marés para 2008”, para o Porto de São Francisco do Sul.

#### AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Conforme apresentado no Boletim de Informações Ambientais, datado de 29 de abril de 2008, emitido pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), as ocorrências meteorológicas, nos dias 30 e 31/01/08 eram:

**Dia 30/01/08:**

Céu quase encoberto/encoberto com chuvisco/chuva leve, vento de direção NE/SE ocasionalmente SW com velocidade de 02 a 13 nós; visibilidade boa(maior que 10 km), passando a moderada(4 a 10 km); temperatura do ar entre 21,0oC e 25,0oC e temperatura da água do mar 25,5 oC.

**Dia 31/01/08:**

Céu quase encoberto/encoberto com chuva moderada/forte e trovoadas; vento de direção SW/SE com velocidade de 02 a 18 nós com rajadas entre 18 e 30 nós; visibilidade moderada(4 a 10 km) ocasionalmente restrita(1 a 2 km); temperatura o ar entre 19,0oC e 23,0oC e temperatura da água do mar 24,5 oC.

Observa-se que as condições meteorológicas não apresentavam qualquer restrição para as embarcações e não influenciaram incisivamente para a ocorrência do acidente.

Segundo informações, obtidas de sites disponíveis na internet, durante a viagem Vitória-São Francisco do Sul, o comboio enfrentou condições de mar mais severas que as encontradas na entrada da Baía da Babitonga.

**O SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA (AIS) DA ATALAIA DA PRATICAGEM DA BARRA DE SÃO FRANCISCO DO SUL**

A Atalaia da PRATICAGEM DA BARRA DE SÃO FRANCISCO DO SUL, localizada próximo à praia de Ubatuba, próxima à posição LAT 26°11,2 S e LONG 048°31,8 W possui um sistema de identificação automática (AIS - Automatic Identification System) de embarcações, que possibilitou se observar a dinâmica dos acontecimentos, desde o momento da chegada do comboio a São Francisco do Sul até o seu embarcamento. O registro contempla a hora, a data, a latitude, a longitude, o rumo e a velocidade do comboio, além de diversos segmentos obtidos do “DVD” da gravação do trajeto das embarcações e iniciam-se à 22:34:58, do dia 30/01/08 e terminam 23:33:23 desse mesmo dia.

No dia 07/05/08, foi feita uma visita a essa atalaia pelos investigadores quando foram cruzados os dados das gravações lá existentes com os registros impressos.

Seguem na tabela alguns eventos observados nas gravações da atalaia e lançados sobre os registros do comboio:

<b>EVENTO</b>	<b>HORA</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>	<b>RUMO</b>	<b>VELOC. (nós)</b>
Chegada ao alcance do AIS	22:34:58	26 10 53,4 S	048 27 52,2 W	231,0	12,4
Prático no passadiço	22:52:12	26 11 03,3 S	048 30 10,7 W	335	7,5
Guinada a BE	22:56:47	26 10 21,0 S	048 30 25,2 W	334,1	10,2
Entrada no canal	22:57:47	26 10 12,6 S	048 30 31,8 W	314,0	11,3

**Diretoria de Portos e Costas**  
**Embarcamento do comboio**  
**“NORSUL 12” e “NORSUL VITÓRIA”**

Parou a distância de 2,55 milhas da bóia 2	23:01:02	26 09 54,6 S	048 31 02,4 W	285,00	11,1
Pedido de apoio da lancha e adernando	23:11:17	26 09 54,0 S	048 31 02,4 W	270	0,3
Começa a embarcar	23:14:17	26 09 54,0 S	048 31 02,4 W	308,5	1,0
Embarcou	23:20:51	26 09 54,0 S	048 31 02,4 W	295	0,3
Lancha no local	23:25:21	26 09 54,6 S	048 31 02,4 W	211,3	0,5
Término das transmissões AIS	23:33:23	260954,8 S	0483104,3W	211,3	0,5

Cabe ressaltar que os horários dos eventos podem divergir ligeiramente do horário dos eventos ocorridos.

#### **IV) SEQUÊNCIA DOS ACONTECIMENTOS:**

Em 30/01/08, o comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA”, chegou às 22:34 desse dia, à entrada do porto de São Francisco do Sul, na posição 26° 10’ 53”,4 S e 048° 27’ 52”,2 W, trafegando com um calado de 6,124 m, excetuando o SQUAT. Nas proximidades dessa posição, o eletricitista dirigiu-se ao recesso dos guinchos de atracação de BB realizando a abertura das portas estanques de acesso ao compartimento da carga e ao corredor de Bombordo.

Segundo depoimentos, excetuando-se a porta estanque do corredor de BE, todas as portas estanques de vante estavam abertas, por ocasião da aproximação ao porto de São Francisco do Sul.

Esse comboio zarpara de Vitória (ES) no dia 28/01/08 às 18:15, com uma carga de bobinas de aço pesando 9014,315 t. Durante a viagem, o comboio enfrentou condições ambientais mais severas do que as encontradas na entrada do São Francisco do Sul e, apesar das inspeções rotineiras do compartimento de carga, nenhuma anormalidade foi reportada.

Nas proximidades da bóia nº2, às 22:45, o práctico embarcou pelo costado da barcaça “NORSUL 12” dirigindo-se ao empurrador “NORSUL VITÓRIA”, chegando ao passadiço dessa embarcação às 22:52. Após isso dirigiu-se ao tijupá por ser o único local do empurrador que “permite visibilidade do canal e do balizamento”. Ao fazer uma correção de rumo para BE, de forma a demandar as bóias nº 03 e 08, observou que a guinada de leme para esse bordo não foi obedecida, evoluindo para todo o leme a BE.

As ações do mar, do vento e da manobra de guinada, fizeram com que o comboio adernasse mais de 16°.

Como as portas estanques para acesso ao corredor e o compartimento de carga, existentes no recesso dos guinchos de atracação de BB estavam abertas e o ângulo de alagamento, considerado o efeito SQUAT, com essa a porta do corredor aberta, chega 12,9°, iniciou-se o alagamento desses compartimentos.

Como a vazão de água embarcada, que situava-se entre 157 a 314 metros cúbicos por minuto, que veio a encher o corredor em aproximadamente 2 minutos, passando a alagar o compartimento de carga.

Ao chegar a um ângulo de aproximadamente 27°, as bobinas que se encontravam no II Nível, à BE, começaram a escorregar/tombar para BB, agravando ao adernamento, seguidas das outras bobinas estivadas a BE que começaram a se deslocar de forma aleatória para BB.

Então a velocidade do conjunto foi reduzida e feita também uma tentativa para quebrar a guinada, porém a manobra não teve sucesso.

A partir de então tomadas providências para a segurança dos tripulantes que se encontravam na barça e realizada manobra para que fosse evitado um acidente, em pleno canal de acesso ao porto, que pudesse obstruí-lo. Para tal foi acionado o “bow thruster” e o comboio, já adernado, foi se dirigindo lentamente para margem do canal de acesso.

O adernamento continua até que todas as obras vivas ficam expostas com o comboio totalmente emborcado, permanecendo com uma ligeira inclinação para BB.

A tripulação foi retirada do mar pela Lancha “PILOT 4” e foram envidados esforços para o salvamento do Chefe-de-Máquinas, que preso no interior do empurrador, sinalizara por uma vigia dessa embarcação.

## **V) CONSEQÜÊNCIAS DO ACIDENTE:**

### **(a) ACIDENTES PESSOAIS**

O emborcamento das embarcações não veio a ocasionar qualquer óbito entre os seus tripulantes e seus demais ocupantes. Entretanto, alguns desses tripulantes sofreram ferimentos de pequena monta e foram imediatamente atendidos em hospital da região, sendo prontamente liberados, não necessitando de internação.

### **(b) DANOS MATERIAIS**

Tanto o a barça “NORSUL 12” quanto o empurrador “NORSUL VITÓRIA” foram desemborcados, sendo a barça preparada para o reboque na Baía Babitonga (SC), próxima a Cidade de Itapoá (SC), e o rebocador levado para o porto de São Francisco do Sul (SC). Em seguida foram rebocados para o Rio de Janeiro (RJ) para serem recuperados no estaleiro NAVE SHIP S.A. Todas as obras mortas das embarcações foram avariadas, bem como os equipamentos de bordo.

Toda a carga, composta de bobinas de aço, também não pode ser reutilizada, sendo enviada para o sucateamento.

**(c) POLUIÇÃO**

As informações sobre os danos referentes à poluição hídrica causada pelo embarcamento do comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA” foram retiradas do documento “Laudo Técnico Ambiental 022/2008”, emitido pela Gerência de Meio Ambiente da Diretoria de Portos e Costas.

Esse documento informa que, logo após o acidente era possível notar-se presença de óleo na água em torno das embarcações e, que após 12 horas, a mancha de óleo possuía uma extensão de aproximadamente 1500 m de comprimento por 300 m de largura.

**PELO ÓLEO COMBUSTÍVEL/ÓLEO DIESEL/ÓLEOS LUBRIFICANTES**

O comboio transportava aproximadamente 90.000 litros de óleo pesado (densidade entre 0,9665 a 0,9697), 13.800 litros de óleo diesel (densidade entre 0,82 a 0,88), 13.350 litros de óleos lubrificantes e outros (densidade entre 0,89 a 0,916), além de 7.000 litros de mistura oleosa. Desse volume total das quantidades acima, 116.500 litros foram derramados em função do acidente, sendo que aproximadamente 7.900 litros foram recolhidos.

Conforme a conclusão do “Laudo Técnico Ambiental Nº 022/2008”, face ao volume de óleo derramado, o atingimento de praias na região, a existência de espécies ameaçadas, o próprio local ser considerado de grande importância ambiental, as ações tardias na contenção, óleo derramado ser do grupo IV(persistentes) e os problemas sócio-econômicos deflagrados, “o incidente deve ser classificado como dano ambiental muito grave”.

**VI) ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS:**

Baseado nas informações colhidas e apresentadas ao longo desse laudo técnico pode-se ter uma imagem dos fatos que transcorreram e culminaram com o acidente.

Na análise das possíveis causas do embarcamento comboio formado pela barcaça “NORSUL 12” e do empurrador “NORSUL VITÓRIA” as seguintes premissas foram consideradas:

- a) As portas de acesso ao corredor e ao compartimento de carga (convés principal) de BB encontravam-se abertas, conforme informado por depoimentos da tripulação;
- b) A rampa de acesso de veículos encontrava-se fechada e travada, visto que suas travas principais encontravam-se posição de fechamento;
- c) A ponte rolante foi considerada estivada em sua posição de viagem e não se deslocou em nenhum momento, pois não foi relatada qualquer anormalidade no compartimento de carga pela tripulação, que o acessava regularmente;
- d) O comboio trafegava com um SQUAT à proa estimado em 0,60 m, e que veio a contribuir para a diminuição do ângulo de alagamento de aproximadamente 3,0o , considerando-se como ponto de alagamento a porta de acesso ao corredor;

**Diretoria de Portos e Costas**  
**Emborcamento do comboio**  
**“NORSUL 12” e “NORSUL VITÓRIA”**

- e) Não foi realizada qualquer manobra de lastro na barcaça, durante a viagem, visto que o Centro de Controle de Lastro da barcaça encontrava-se fechado com um cadeado e os tripulantes responsáveis por essa manobra atestam que nenhuma manobra de lastro foi realizada. Também não foi reportado pelo prático, ao embarcar, qualquer anormalidade;
- f) Uma falha no sistema “anti-heeling” da barcaça que viesse a transferir o lastro do tanque nº 4 de BE para o tanque nº 4 de BB não seria capaz de emborcar o comboio;
- g) O comboio, quando realizando manobras do tipo zig-zag, sofre inclinações da ordem de 12º para qualquer dos bordos, o que era de conhecimento do comandante, mas não estava realçado no folheto de trim e estabilidade;
- h) O comboio não tocou o fundo antes de ser levado, deliberadamente, pela tripulação para fora canal, visto que a profundidade no local era de 10,0 m (carta 1804), superior ao calado do comboio, que era de aproximadamente 6,70 m a vante, se somado ao efeito SQUAT calculado;
- i) A ação dos lemes do empurrador, que são do tipo “flap-rudders”, ocasiona adernamento e abicamento de todo o comboio;
- j) O alagamento do corredor e do compartimento de carga aconteceu de forma muito rápida sem que fosse possível aos tripulantes, que se encontravam na barcaça, tomarem qualquer providência no sentido de estancá-lo;
- k) A barcaça não sofreu qualquer avaria ou falha estrutural; e
- l) As embarcações que compunham o comboio estavam em bom estado de conservação e seu projeto atendia as normas em vigor.

**Possíveis causas do emborcamento do comboio “NORSUL VITÓRIA” e “NORSUL 12”**

O comboio formado pelas embarcações “NORSUL VITÓRIA” - “NORSUL 12” ao executar manobras compostas de guinadas, à velocidade de aproximadamente 10,0 nós, sofre inclinações da ordem de 12º. Essas inclinações, somadas a inclinações causadas por ventos e ondas, totalizam 16º. Somando-se todos esses efeitos ao afundamento da proa da barcaça, quando trafegando em águas rasas, fez com que a água chegasse às portas de acesso ao interior do corredor lateral e ao compartimento da carga, existentes à vante, no convés principal, à BB, cujos ângulos de alagamento, quando somado o efeito SQUAT, passam a ser da ordem de 12,9º.

Como essas portas encontravam-se abertas, iniciou-se um alagamento progressivo dos compartimentos citados acima, levando o comboio a uma inclinação de 27º, ângulo em que a carga começa a se deslocar para BB, causando o emborcamento do comboio.

A forma de fixação dos berços no convés principal não contribuiu para o escorregamento/tombamento da carga. Os berços para estivagem das bobinas são fixados ao convés por meio de acessórios para a fixação de contentores, embora alguns estivessem soldados diretamente ao convés por meio de pontos de solda, conforme constatado na 1ª filmagem submarina. Entretanto, esses berços são dispostos transversalmente à Linha de Centro da barcaça,



bem próximos uns dos outros e praticamente são contidos, nas extremidades de sua fileiras pelas anteparas dos corredores de BB e BE.

Logo, tanto a fixação quanto a disposição dos berços não contribuíram para o escorregamento da carga.

Não havia excesso de carga na barçaça “NORSUL 12”.

a) A barçaça trafegava com calado de 6,123 m, inferior ao seu calado de projeto, que é de 6,50 m ;

b) A carga de bobinas era de 9014,315 t, também inferior à diversos carregamento de bobinas apresentado no documento “Folheto de Trim e Estabilidade”, no 1D10-110, emitido pela PROJEMAR S. A., que são da ordem de 9500 t;

c) O porte bruto da barçaça, no momento do acidente era de 9452,785 t e, no calado máximo, esse porte bruto é de 10352,074 t; e

d) O prático, durante seu o embarque, leu um calado de 6,20 m na barçaça e, da maneira com foi feita a leitura do calado, a noite e em condições ambientais adversas, o valor lido era coerente com o calado calculado.

A carga da barçaça “NORSUL 12” estava mal estivada. Pode-se considerar que a carga encontrava-se mal estivada visto que existiam bobinas com peso superior a 13 t no II Nível e espaços para estivagem, no sentido transversal da barçaça, entre as bobinas estivadas no convés principal. Tais arranjos contrariam o documento “Folheto de Trim e Estabilidade”, no 1D10-110, emitido pela PROJEMAR S. A., e demais documentos referentes à estabilidade da embarcação apresentados.

Não havia superfície livre em tanques que, combinados com o estado do mar, possa provocar o adernamento ou embarcamento do comboio. Todos os estudos de estabilidade das embarcações, feitos pela empresa PROJEMAR S. A e aprovados pela Sociedade Classificadora AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS), sempre contemplam a avaliação das superfícies livre dos tanques. Em nenhuma condição de carregamento, os tanques existentes não comprometem a estabilidade do comboio.

Com as portas de vante de acesso ao compartimento de carga e ao corredor de BB fechadas, nas condições de carregamento e ambientais do momento do acidente, o alagamento desses compartimentos não ocorreria. O alagamento não aconteceria visto que essas portas, que são dotadas de atracadores e vedações, são consideradas portas estanques e, de acordo com a boa norma da construção naval, devem ter sido testadas quanto a sua estanqueidade e seriam suficientes para conter a água que viesse a inundar o recesso dos guinchos de atracação, existente à proa no convés principal. O ponto de alagamento da barçaça, estipulado para fins de cálculo da estabilidade intacta dessa embarcação, é um respirador existente no teto do compartimento de carga e o respectivo ângulo de alagamento considerado é de 56°.

Uma falha no sistema “anti-heeling” não poderia causar uma manobra inadvertida de lastro que com conseqüência embarcaria o comboio. Conforme cálculos efetuados pela PROJEMAR S. A., apresentados em seu documento “Investigação do Acidente com o Comboio NORSUL 12-

NORSUL VITÓRIA”, em uma situação estática, sem a atuação do vento, mar, guinada e SQUAT, a transferência inadvertida de todo lastro existente no tanque de lastro no 4 de BE para o tanque no 4 de BB causaria uma inclinação de apenas 2,5o para BB, não colocando em risco a integridade das embarcações.

Os demais de tanques de lastro situam-se na região central da barcaça e, para sua manobra, é necessária a presença humana no Centro de Controle de Lastro, que se encontrava fechado com cadeado.

Logo a transferência de lastro de um tanque situado à ré para outro a vante que pudesse a aumentar o abicamento da barcaça é pouco provável.

### **Falhas no procedimento de operação das embarcações que contribuíram para o sinistro**

Por parte da tripulação, visto que, ao abrir as portas da barcaça “NORSUL 12”, para realizar a ventilação do espaço de carga e do corredor existente próximo ao costado, o ângulo de alagamento da barcaça diminuiu, permitindo que, ao adernar devido a guinadas realizadas para correção de rumo e outros fatores, houvesse o alagamento dos compartimentos em questão que culminaram no embarcamento de todo o comboio.

### **CAUSA DETERMINANTE DO ACIDENTE**

A causa determinante para o acidente foi as portas de acesso ao compartimento de carga e ao corredor de BB estarem abertas, por ocasião da realização de guinadas, nas condições ambientais reinantes na ocasião.