

**MARINHA DO BRASIL**

**ENSINO PROFISSIONAL MARITIMO**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**

**O AVANÇO DA TECNOLOGIA NO PASSADIÇO**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica (APNT) da Marinha Mercante sob a orientação do Mestre Edson Mesquita dos Santos e CMG Valgas Lobo.

Por: Carla Cardoso Malafaia

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA –  
APNT

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_

Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_

Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_

Prof. (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Dedico essa monografia aos meus pais e irmãos, amigos e principalmente à Monique, pelo estímulo, apoio, compreensão, paciência e incentivo em todos os momentos, mas principalmente nos difíceis.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, e aos meus pais, que sempre me incentivaram, educaram e lapidaram meu caráter.

Ao meu orientador Prof. Edson Mesquita dos Santos, D.Sc. e ao meu co-orientador CMG Valgas Lobo incessantemente empenhado a colaborar.

À funcionária Tereza da biblioteca deste centro de instrução sempre disposta a ajudar e à amiga Lucia Regina Maranhão pelo auxílio.

Ao meu gerente Patrick Landry, ao Comandante Leônidas Ferreira e ao meu companheiro de trabalho e amigo Bruno Machado, sem os quais minha dispensa seria inviável e a realização do curso impossível.

E à Monique, meu mais sincero e especial agradecimento pelo encorajamento, suporte, complacência, serenidade, estímulo e atenção em todos os momentos.

## EPÍGRAFE

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

Francisco Cândido Xavier

“Navegar é preciso, viver não é preciso.”

Fernando Pessoa

## RESUMO

A Marinha Mercante tem desenvolvido várias modificações ao longo dos anos e a mais notória tem sido a sua evolução tecnológica em seus mais diversos setores. Modernos passadiços integrados contrastam com equipamentos tradicionais, como o sextante e a agulha magnética. Se em um passado não muito distante, os auxílios à navegação foram criados para permitir determinar a posição e um rumo seguro para navegar, hoje vai muito além, atingindo todos os setores da comunidade marítima. Juntamente aos prós vêm os contras e uma desvantagem de todo esse progresso é que requer novos níveis de treinamento dos usuários e uma maior conscientização para evitar a descomedida confiança na automação. O presente trabalho tem como objetivo analisar a modernização do passadiço, apresentando e comentando as vantagens trazidas pela tecnologia e sua evolução, com enfoque nas últimas décadas e, em contrapartida, analisar o excesso de confiança nos equipamentos trazidos por tal modernização, o qual pode levar a displicência durante o serviço de quarto no passadiço. O estudo terá como base a descrição do passadiço ao longo de sua evolução, a apresentação de novos equipamentos e do “novo passadiço”, e a discussão dos benefícios e possíveis malefícios acarretados pela automatização.

Palavras-chaves: Passadiço – tecnologia – navegação – modernização

## **ABSTRACT**

The Merchant Marine has developed several modifications over the years and the most remarkable has been its technological evolution in its various sectors. Modern integrated bridges contrast with traditional equipments, such as the Sextant and the Compass. If in a not too distant past, the navigation aids were created to allow determine the position and a safe course to sail, nowadays it goes far beyond, it reaches all sectors of maritime community. Along the pros come cons and a disadvantage of all this progress is that new levels of users training and a greater awareness to avoid inordinate reliance on the automation are required. The aim of this study is to analyze the bridge's modernization, presenting and commenting the advantages brought by technology and its evolution with focus in the last few decades and on the other hand to analyze the overconfidence in the equipments as a cause of this modernization, which can lead to carelessness during the watch on the bridge. This study is based on the bridge description along its evolution, the presentation of new equipments and the "new bridge", and the discussion of benefits and potential harms posed by automation.

Keywords: Bridge - technology - navigation - modernization

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

01 - Representação mais antiga do mundo de uma popa com leme.....	20
02 - Embarcações usadas da Pré História à Idade Média.....	23
03 - Great Eastern e a contrabordo outras embarcações da época.....	27
04 - Contraste de Passadiços.....	35
05 - Console de navegação de um navio moderno com SPI.....	41
06 - Passadiço moderno de um navio com Sistema de Passadiço Integrado.....	41
07 - Estação de Trabalho para Planejamento da Derrota.....	42
08 - Estação de Trabalho para Governo Manual.....	42
09 - Prazo para Implementação do ECDIS.....	48
10 - Tela do Sistema de Gerenciamento de Energia do sistema Converteam.....	50
11 - Tela do Sistema de Gerenciamento da Embarcação do sistema Converteam..	52
12 - Tela com arranjos diversos do sistema Converteam.....	52
13 - “CUSS 1”, primeira embarcação com posicionamento dinâmico.....	55
14 - “Eureka”, primeiro navio verdadeiramente equipado com DP.....	56
15 - Um dos primeiros consoles de Sistema de Posicionamento Dinâmico desenvolvido pela Kongsberg – Albatross ADP311.....	57
16 - Sistema de Posicionamento Dinâmico com três Estações de Trabalho.....	60
17 - Sistema de Referência de Posição Hidroacústica e DGPS.....	60
18 - Navio de passageiros “ <i>Royal Majesty</i> ” encalhado.....	71
19 - Viagem do “ <i>Royal Majesty</i> ” .....	72
20 - Passadiço do “ <i>Royal Majesty</i> ” .....	78
21 - Duas vistas da localização do GPS e Loran-C.....	78
22 - Derrota planejada e derrota realizada pelo “ <i>Royal Majesty</i> ” .....	83

## LISTA DE TABELAS

01 - Equipamentos de Navegação para o Sistema de Passadiço Integrado.....	46
02 - Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos da ATSB.....	64
03 - Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos do TSB.....	65
04 - Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos da MAIB.....	66
05 - Porcentagem de Causa de Acidentes por Grupo Qualitativo.....	67
06 - Nova Tecnologia e Facilidade das Tarefas a Bordo.....	68
07 - Autoconfiança na Operação de Novos Sistemas Tecnológicos.....	68

## **LISTA DE ABEVIATURAS E SIGLAS**

ABS – American Bureau of Shipping

ARPA – Automatic Radar Plotting Aid

ATSB – Australian Transportation Safety Bureau

DARPS – Differential Absolute and Relative Positioning Sensor

DGPS – Differential GPS

DP – Dynamic Positioning

DR – Dead Reckoning

DSC – Digital Selective Call

ECDIS – Electronic Chart Display and Information System

ECS – Electronic Chart System

ENC – Electronic Navigational Chart

EPIRB – Emergency Position-Indicating Radio Beacon

GLONASS – Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema

GMDSS – Global Maritime Distress Safety System

GPS – Global Positioning System

HVAC - Heating, Ventilation and Air Conditioning

IALA – International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities

IBS – Integrated Bridge System

IMCA – International Marine Contractors Association

IMO – International Maritime Organization

LDP – Linhas de Posição

LORAN – Long Range Navigation System

MAIB – United Kingdom Marine Accident Investigation Board

MF – Medium Frequency

MRU – Motion Reference Unit

MSC – Maritime Safety Committee

NMEA – National Marine Electronics Association

NTSB – National Transportation Safety Board

P&I – Protection and Indemnity

PMA – Ponto de Maior Aproximação

RADAR – Radio Detection and Ranging

SAR – Search and Rescue

SART – Search and Rescue Transponder

SNI – Sistema de Navegação Integrado

TSB Canada – Canadian Transportation Safety Board

UHF – Ultra High Frequency

UPS – Uninterruptible Power Supply

VHF – Ultra High Frequency

VRS – Vessel Reference System

VTS – Vessel Traffic Service

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Uma Breve História da Marinha Mercante e o Surgimento dos Auxílios à Navegação</b>	<b>16</b>
1.1 – Pré-História	17
1.2 – Antiguidade	17
1.3 – Idade Média	19
1.4 – Idade Moderna	20
<b>CAPÍTULO 2 – O Desenvolvimento dos Auxílios à Navegação</b>	<b>24</b>
2.1 – Idade Contemporânea	27
2.2 – O Navio do Futuro	36
<b>CAPÍTULO 3 – O Advento do Passadiço Integrado</b>	<b>37</b>
3.1 – O Sistema de Passadiço Integrado e seus componentes	39
3.2 – Requerimentos de uma Sociedade Classificadora	42
3.3 – O Sistema Eletrônico de Apresentação de Cartas e Informações	47
3.4 – O Navegante como gestor do sistema	48
3.5 – Sistema de Automação Integrado	49
<b>CAPÍTULO 4 – Posicionamento Dinâmico e seu Impacto no Passadiço</b>	<b>53</b>
4.1 – O Surgimento do Sistema de Posicionamento Dinâmico	53
4.2 – A Automatização do Sistema de Posicionamento Dinâmico	55
4.3 – O Sistema de Posicionamento Dinâmico e seus Diversos Componentes	58
4.4 – O Sistema de Posicionamento Dinâmico e o Impacto no Passadiço	61
<b>CAPÍTULO 5 – O Fator Humano</b>	<b>63</b>

<b>CAPÍTULO 6 – O Caso “<i>Royal Majesty</i>”</b>	<b>71</b>
6.1 – Relatório Sobre o Caso Segundo o Departamento Nacional de Segurança dos Transportes	72
6.1.1 – O acidente	73
6.1.2 – Performance do Oficial de Quarto de Serviço	75
6.1.3 – Efeitos da Automatização na Performance do Oficial de Quarto	75
6.1.4 – Arranjo do Sistema de Passadiço Integrado e Localização	77
6.1.5 – Integração de Sistemas Humanos	78
6.2 – Conclusão do Caso Segundo o Departamento Nacional de Segurança dos Transportes	79
6.3 – Causa Provável	82
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>85</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>90</b>
A - Diagrama de um Passadiço Integrado em uma embarcação moderna	91

## INTRODUÇÃO

A história marítima remonta a milhares de anos e ao longo da história, a navegação tem sido vital para o desenvolvimento da civilização, proporcionando à humanidade uma maior mobilidade do que as viagens por terra, seja no comércio, no transporte ou na guerra.

Ao longo de milhares de anos de migrações e a ascensão das civilizações antigas, a exploração marítima levou a rotas comerciais oceânicas e vários povos foram responsáveis pelo desenvolvimento da navegação.

Passamos das pequenas embarcações usadas na navegação fluvial à navegação costeira e depois para a navegação de longo curso. Com o desenvolvimento e a expansão da navegação veio o surgimento de equipamentos que pudessem auxiliá-la e, mais tarde, seu desenvolvimento e conseqüentemente sua modernização.

O fundamento para este tema é ampliar o material de consulta sobre o surgimento dos auxílios à navegação e a evolução do avanço da tecnologia no passado e suas conseqüências para os Oficiais de Náutica, com o intuito de mostrar a importância da modernização não só dos equipamentos, mas também do Oficial moderno.

Segundo CMG Hyppolito (2011, p.34): “Navios modernos pouco valerão se não for levado em consideração o homem que os utiliza, a sua formação, a sua evolução técnica, a sua atualização, permitindo-lhe uma capacitação profissional adequada para tripulá-los com segurança.”

Visando à elucidação dos fatos, no primeiro capítulo será descrita a história da marinha mercante e o surgimento dos auxílios à navegação, passando pela Pré-História, Antiguidade, Idade Média e Idade Moderna.

Já no Capítulo 2, será descrito o desenvolvimento dos auxílios à navegação durante a Idade Contemporânea e o panorama do navio do futuro.

No Capítulo 3, será apresentado o advento do Sistema de Passadiço Integrado, seu surgimento, seus diversos componentes e seus impactos na vida do Oficial de Náutica.

No Capítulo 4, será relatado o surgimento do sistema de posicionamento dinâmico, sua automatização e o impacto no passadiço.

E, por último, no Capítulo 5, será analisado o fator humano e os benefícios e malefícios causados pela modernização do passadiço com o fim de evitar que o excesso de confiança na tecnologia torne o Oficial de Náutica displicente.

O trabalho será encerrado com a apresentação do relatório do encalhe do navio de passageiros panamenho Royal Majesty próximo a Massachusetts, que corrobora os efeitos da automação na performance dos Oficiais de serviço.

## **CAPÍTULO 1**

### **UMA BREVE HISTÓRIA DA MARINHA MERCANTE E O SURGIMENTO DOS AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO**

Desde que o homem descobriu que um tronco suficientemente grande era capaz de fazê-lo flutuar, tendo em vista a evolução da civilização, o homem foi aprendendo maneiras de mudar a forma desse tronco, tornando-o cada vez mais estável e melhor, chegando, mais tarde, aos barcos e caravelas. A realidade é que o tronco de árvore sugeriu então a primeira ideia de navegação, tendo sido observado deslizamento na água sem afundar, de modo que a jangada foi a primitiva forma de embarcação usada pelo homem, ainda na idade da pedra lascada.

A navegação marítima acabou tornando-se vital, tendo sido o mais importante meio de difusão comercial e cultural. A navegação contribuiu muito para o desenvolvimento da civilização, possibilitando a pesca costeira, as viagens marítimas e a exploração do comércio em outras cidades costeiras, e mais tarde, em outros continentes. Podemos afirmar que, se não existisse a navegação marítima, nossa ligação, até o presente, com outros povos dos demais continentes estaria seriamente comprometida. Ou seja, se não fosse essa evolução, os homens poderiam ter suas vidas restritas a grupos isolados e ignorando-se completamente uns dos outros, vivendo em regiões diversas afastadas por grandes massas d'água. Foi navegando que a civilização se transportou dos países mais adiantados para os mais selvagens, e isso pode ser comprovado observando-se que as populações que habitam o litoral dos continentes evoluíram primeiro e mais rapidamente das que as localizadas no interior.

Foi pelo mar que novas terras denominadas “novos mundos” foram descobertas e que muitas conquistas foram feitas, acarretando migrações e a ascensão de algumas civilizações. Os exemplos mais proeminentes de exploradores e navegadores da pré-história são os fenícios, os gregos antigos, os persas, os árabes, os nórdicos, os povos austronésios, incluindo os malaios e os polinésios, e os micronésios do Oceano Pacífico. Mais tarde vieram os romanos, chineses, portugueses, espanhóis, ingleses, franceses e holandeses.

## **1.1 PRÉ-HISTÓRIA (Do aparecimento do homem na terra até cerca de 4000 a.C)**

A história da navegação data de milhares de anos, quando as primeiras jangadas e, subsequentemente, as primeiras canoas começaram a ser desenvolvidas e usadas para a pesca costeira e viagens.

As necessidades impuseram ao homem aperfeiçoar seus conhecimentos e, aos poucos, ele foi fazendo suas conquistas. As jangadas foram com grandes bolas de couro cheias de ar ou de palha, amarradas em torno dos troncos, pois descobriu-se que, assim, elas se tornavam insubmersíveis. Assim, os homens começaram a bordejar pela costa, de praia em praia, de rochedo em rochedo, e, aos poucos, começaram a aventurar-se em viagens mais longas. Para isso, começaram a construir jangadas mais espaçosas e a introduzir nelas cabanas cobertas de folhagem ou peles, surgindo os primeiros camarotes.

Os indígenas eram muito hábeis em talhar madeira e construíam canoas para o uso diário e em cerimônias.

As primeiras embarcações com condições de navegar podem ter sido desenvolvidas há 45 mil anos, de acordo com uma hipótese que tenta explicar o povoamento da Austrália. Durante milhares de anos de migrações e do crescimento das civilizações, a exploração marítima levou às rotas comerciais marítimas.

O comércio marítimo começou com a navegação costeira e evoluiu com a manipulação dos ventos de monções, logo resultando em navegações mais longas, cruzando fronteiras.

## **1.2 ANTIGUIDADE (De 4000 a.C até 476 – data da queda do Império Romano do Ocidente)**

Hannu foi um explorador egípcio da Antiguidade (por volta de 2750 a.C.), o primeiro de que se tem conhecimento. Ele realizou a primeira expedição exploratória registrada e seus feitos foram incritos em pedra. Ele viajou ao longo do

Mar Vermelho até Punt e navegou até onde hoje é parte do leste da Etiópia e Somália e, retornando ao Egito com valiosos tesouros.

Os corsários, conhecidos como povos do mar, navegavam na costa oriental do Mediterrâneo e causavam uma agitação política com atentados de entrada ou de tomada do controle de territórios egípcios.

Desenvolveu-se uma lucrativa rede comercial na Somália, ligando os mercantes Somalis e seus marinheiros – usando um tipo de embarcação conhecida como *beden* para transportar as cargas – com os Fenícios, Egípcios, Gregos, Persas e com o Império Romano.

A civilização fenícia desenvolveu uma cultura comercial marítima empreendedora que se espalhou através do Mediterrâneo, entre o período de 1200 a 900 a.C. Os fenícios navegavam em Galés, um tipo de embarcação a remo, e foram a primeira civilização a criar a birreme.

Impulsionados pela expansão comercial e cultural, os mediterrâneos se destacaram em tecnologia náutica, inclusive desenvolvendo os faróis, sendo o mais notável o Farol de Alexandria. A embarcação mais comum no Mediterrâneo era a grega trirreme.

A navegação no Mediterrâneo fez uso de várias técnicas que os navegantes usavam para determinar a posição, incluindo proximidade de terra, compreensão do vento e suas tendências, conhecimento das correntes marítimas e observação da posição do sol e das estrelas.

Os minoicos de Creta são um exemplo de civilização que usava a navegação celeste. Os navegadores usavam a localização de estrelas, especialmente da constelação Ursa Maior para orientar o navio no rumo correto.

Os gregos, além de desenvolverem a navegação astronômica, foram os primeiros a afirmar que a lua é a causa das marés.

Originalmente desenhadas à mão em pele de carneiro, as Cartas Náuticas e Roteiros têm sido utilizados desde o Século VI a.C. Já as Cartas Náuticas usando projeções estereográficas e ortográficas datam do século II a.C., porém só começaram a ser difundidas muito mais tarde, como veremos adiante.

Os fenícios e seus sucessores, os cartagineses, eram navegadores experientes e aprenderam a navegar para cada vez mais longe da costa. Uma ferramenta que os ajudou muito foi o peso de sondagem, com o qual podiam determinar a profundidade da água e, conseqüentemente, estimar o quão distante

estavam de terra. Com seu conhecimento e habilidade, os cartagineses tornaram-se a força dominante no Mediterrâneo, com um vasto império marítimo, enquanto Roma era o poder ascendente na Itália.

A mais antiga embarcação oceânica de que se tem notícia data de 1600 a.C., foi encontrada em 1992 em Dover, era feita de carvalho e abrigava de 4 à 16 remadores.

Os nórdicos escandinavos, conhecidos como povo do norte, e seus vikings também deram grande contribuição para o desenvolvimento da navegação. Assim como os indianos e suas rotas marítimas.

No Mar da China e no Oceano Índico, os navegadores poderiam tirar vantagens dos ventos de monção razoavelmente constantes para julgar a direção. Com isto, podia-se fazer longas viagens duas vezes ao ano.

Durante a dinastia chinesa Han (202 a.C. – 220 d.C.), um navio com um leme montado na popa junto com mastros e velas inovou.

### **1.3 IDADE MÉDIA (De 476 a 1453 - data da conquista de Constantinopla pelos turcos otomanos e consequente queda do Império Romano do Oriente)**

O Império Árabe desenvolveu seu comércio estendendo-se desde o Oceano Atlântico e o Mar Mediterrâneo até o oeste do Oceano Índico e o Mar da China, com isso o transporte marítimo tornou-se muito importante, o que levou os árabes a desenvolverem sua navegação marítima e sendo assim contribuíram significativamente para a mesma. Começaram a usar a agulha magnética e um instrumento rudimentar chamado kamal ou tábua-da-índia, usado para navegação astronômica. Outro equipamento disponível e desenvolvido pelos árabes foi o quadrante (mais tarde, substituído pelo octante e depois pelo sextante), que, quando combinado com mapas detalhados, possibilitava navegar pelos oceanos em vez de navegar somente ao longo da costa.

Durante a dinastia chinesa Song (960 a 1279 d.C.) houve muitas melhorias na tecnologia náutica. Podem ser citados como exemplos os lemes que

podiam ser levantados ou abaixados para permitir que a embarcação navegasse em uma gama maior de profundidades e os braços das âncoras, que foram modificados para uma forma circular ao invés de uma só direção.

Figura 1 - Representação mais antiga do mundo de uma popa com leme (cerca de 1420 d.C.)



Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Maler\\_der\\_Grabkammer\\_des\\_Menna\\_013.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Maler_der_Grabkammer_des_Menna_013.jpg). Ago, 2012

Na China, entre 1040 e 1117, a agulha magnética foi sendo desenvolvida e aplicada na navegação. Isso permitia aos Comandantes continuar navegando em um rumo quando as condições meteorológicas limitavam a visibilidade. A verdadeira agulha magnética para navegação que usa uma agulha giratória em uma caixa foi inventada na Europa por volta de 1300.

As cartas náuticas começaram a aparecer na Itália no final do século XIII. No entanto, seu uso não se espalhou rapidamente, não há evidência de uso de cartas náuticas em navios ingleses até 1489.

#### **1.4 IDADE MODERNA (De 1453 a 1789 – eclosão da Revolução Francesa)**

Este foi um período imprescindível para a navegação, sua evolução e aperfeiçoamento de seus equipamentos e sistemas, pois abarcou os grandes

descobrimientos marítimos. O Século XV foi, com efeito, um dos mais brilhantes de toda a história, era o início de uma nova era para a humanidade. Com a invenção da caravela, o homem traçou o seu destino na realização do grande ciclo de descobrimento da terra.

As caravelas constituíram um dos maiores feitos da engenharia humana aplicada à navegação. Essas embarcações resultaram da fusão da arquitetura do Mediterrâneo com a arquitetura naval do Mar do Norte e, possuía três mastros (o mastro de traquete, o mastro grande e o da gávea). Foi com barcos como este que foi realizada a epopeia do grande navegador genovês, Cristóvão Colombo, e dos demais navegadores da época, dentre eles Vasco da Gama e Fernão de Magalhães.

As atividades comerciais de Portugal no começo do Século XV; sem dúvida, marcaram uma época de distinto progresso na prática da navegação e esta passou a ser sistematizada. A fim de elaborar tabelas mais precisas da declinação do sol, um observatório foi estabelecido em Sagres. Combinando observações empíricas obtidas em navegações oceânicas e mapeando ventos e correntes, exploradores portugueses assumiram a liderança na navegação de longo curso.

Não obstante, a grande dificuldade da época era a orientação. Nada podia fornecer aos Capitães um ponto de referência quando soltos na imensidão da massa líquida, como o possuíam os Comandantes das naus mediterrâneas. Enquanto para estes a agulha magnética e a observação sumária do sol e da Grande Ursa, durante a noite, bastavam para uma boa rota, no Atlântico, nada disso adiantava. Enquanto correntes “invisíveis” provocavam adernamentos inexplicáveis, a própria agulha magnética fornecia indicações precárias, levando-se em consideração que, naquela época, as declinações magnéticas ainda não eram conhecidas.

Um comitê de navegação foi formado, tendo este grupo computado as tabelas de declinação do sol e aprimorado o astrolábio marítimo. Com o desenvolvimento deste, o navegante melhorou sua capacidade de definir sua latitude no mar.

A partir do meio do Século XV e no Século XVI, os espanhóis estavam na vanguarda das explorações globais europeias e nas expansões coloniais. A Espanha financiou a primeira expedição de circunavegação mundial.

Na época de Cristóvão Colombo, as únicas ferramentas disponíveis para um navegante eram a agulha magnética, o astrolábio, um método de correção da altitude pela estrela polar e cartas náuticas bastante rudimentares.

Rabbi Abraham Zacuto, além de ter aperfeiçoado o astrolábio, que somente então se tornou um instrumento de precisão, foi o autor do preciso Almanaque Perpétuo, que era usado pelos Comandantes das caravelas para determinar a posição em alto mar, através de cálculos com os dados obtidos pelo astrolábio. Sua contribuição foi indubitavelmente muito valiosa para salvar a vida dos navegantes e permitir que eles chegassem ao Brasil e à Índia.

Até meados do Século XVI, o método mais avançado para determinar a velocidade do navio era a observação da espuma do mar ou algum objeto flutuante. Depois, veio a barquinha e, em 1578, foi patenteado um aparelho que definiria a velocidade do navio, contando as revoluções de uma roda montada no navio, abaixo da linha d'água.

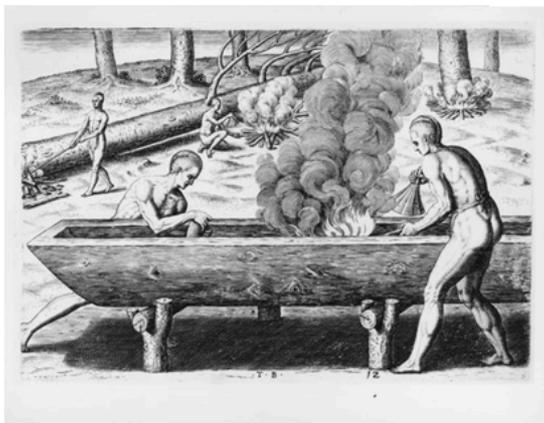
O acúmulo contínuo de dados, ao longo do crescimento da exploração marítima, aumentou a produção de publicações que foram usadas por várias gerações de navegantes. No final do Século XVI, Gerardus Mercator aperfeiçoou as cartas náuticas.

No Século XVI também foi criado o quadrante de Davis – que foi aprimorado da balestilha, a qual substituíra o astrolábio e não fornecia exatidão alguma – que se tornou um dos instrumentos dominantes no Século XVII até adotarem o sextante no Século XIX. Nesse período, a agulha magnética, ainda precária, não dava o rumo certo, de modo que restava aos navegantes a experiência própria e os conhecimentos adquiridos. Porém, em 1631, foi inventado um novo quadrante, que tinha a precisão de um minuto de arco. Esse nível de precisão garantia ao navegante a posição dentro de cerca de uma milha náutica.

No início do Século XVIII, os Britânicos se destacaram, pois ofereciam vários subsídios e recompensas para a realização de navegação e para soluções de vários problemas afins.

Em 1731, foi criado o octante, substituindo o quadrante de Davis, o que tornou o cálculo da latitude muito mais preciso. Alguns anos mais tarde, foi inventado o primeiro cronômetro marítimo. O sextante derivou do octante e proporcionou o cálculo da distância lunar, com isso o navegante podia determinar sua longitude.

Figura 2 – Embarcações usadas da Pré História à Idade Média



Indígenas preparando uma canoa, prática usada durante séculos



Barco egípcio que já era usado em 3000 a.C.



Trireme, muito usado no Mediterrâneo pelos gregos



Junco, embarcação chinesa usada durante muito tempo na Ásia Oriental



Corbita, navio mercante romano



Drakar, barco viking usado pelos nórdicos



Caravela, usada pelos portugueses e espanhóis na Era dos Descobrimentos



Nau, permitia o transporte de maior tonelagem de mercadorias e otimizava o aproveitamento dos ventos

## **CAPÍTULO 2**

### **O DESENVOLVIMENTO DOS AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO**

O Século XVII foi um século difícil, pois as condições dos barcos eram as piores possíveis, não ofereciam conforto e, muito menos, segurança. Não apresentavam condições de higiene, não tinham seu interior arejado, faziam muita água e os tripulantes eram gente da pior espécie, vagabundos e criminosos recrutados a força. A água comumente se putrefazia, os biscoitos se esfarelavam mofados, o peixe seco cobria-se de vermes e o toucinho apodrecia. O escorbuto dizimava os marinheiros e esta situação só veio a melhorar satisfatoriamente no final do Século XVIII. Entretanto, a carne de porco e os biscoitos continuavam a causar estragos a bordo junto com a febre tifoide, que se tornou endêmica, até que condições de higiene mais modernas conseguiram exterminar tais males.

E, apesar de tudo isso, no século XVIII, a ciência náutica progrediu. Passou-se a sacrificar a estética, visando ao conforto e o interior dos navios melhorou e tornou-se mais arejado. Neste período, surgiram as primeiras construções de duas mil toneladas, e revestidas de chapa de cobre, o que assegurava um melhor deslizamento e não permitia a penetração de água no casco.

Nessa era, as rotas marítimas já eram mais conhecidas e os Comandantes já dispunham de melhores cartas náuticas e auxílios à navegação mais aperfeiçoados. Além disso, a tripulação melhorou de nível e deixou de ser composta de degradados e criminosos recrutados à força.

Durante este século, vieram as grandes tentativas de se construir um navio a vapor. Em 1707, Denis Papin inventou um pistão movido a vapor e montou no casco de um barco. Como sua experiência foi bem sucedida, nesse mesmo ano ele navegou com a embarcação no rio Fulda e deixou muitos expectadores impressionados, porém sua invenção causou a ira de bateleiros que tomaram a embarcação e a destruíram. O navio foi ao fundo, mas a ideia sobreviveu e, em 1736, Jonathan Hull, construiu outra embarcação a vapor como o barco de Papin, contudo o resultado foi pouco satisfatório. Inúmeras outras tentativas foram realizadas por outras diversas pessoas durante o Século XVIII, mas também nenhuma das invenções teve qualquer resultado animador. E, por fim, no final do

Século XVIII, apareceu Robert Fulton, um engenheiro americano, que foi para Londres com o intuito de estudar pintura, contudo depois de algum tempo começou a se sentir extremamente atraído pela mecânica e terminou por se dedicar a ela inteiramente.

Já no Século XIX, Fulton, apaixonado pelos problemas da navegação, estudou todos os modelos criados até então e constatou vários defeitos. Ele se dedicou e já em 1803 conseguiu construir seu primeiro barco que, por ter o casco muito fraco, não suportou o peso da máquina e afundou. Mas ele era persistente e recuperou todas as peças no fundo do rio, refazendo o barco com um casco mais forte que, dessa vez, evoluiu de forma espetacular no rio Sena. Mesmo assim, Fulton não obteve ajuda alguma e foi desestimulado a continuar com seus projetos, então, decidiu voltar para a América e foi lá que dirigiu a construção de uma embarcação maior, o "*Clermont*", o primeiro navio a vapor que apresentou resultados práticos. O *Clermont* foi lançado à água e em cinco dias efetuou sua primeira viagem sob os olhares incrédulos e hostis da multidão. Apesar de todos os problemas, sua viagem foi completada. E mesmo não tendo iniciado a ideia da aplicação do vapor na navegação, foi Fulton o primeiro a executá-la com certo êxito.

Na primeira metade do século XIX, antes do surgimento dos navios a vapor, vários tipos de embarcações singraram os mares e o que passou a prevalecer foi a velocidade das embarcações. Aos poucos, as embarcações foram se afilando e se livrando de ornamentos inúteis, e com isso foram ganhando linhas aerodinâmicas. Um tipo muito importante de embarcação neste período foram os "*clippers*", que tiveram seu apogeu durante toda a primeira metade do século XIX.

Após a morte de Fulton, o desenvolvimento da arte naval prosseguiu. Tanto na Europa como nos Estados Unidos, surgiram continuamente as tentativas dos barcos mistos (vela e vapor), que ensaiavam suas aventuras ao longo da costa. Logo surgiram as primeiras companhias de navegação de cabotagem.

Foi somente em 1819 que foi realizada a primeira travessia do Atlântico com a ajuda do vapor, pois a navegação ora era realizada à vela, ora a força das máquinas. No entanto, ao chegar à Grã-Bretanha verificou-se que a provisão de carvão havia se esgotado, o que desanimou os poucos que acreditavam na nova invenção. Após regressar para Nova York, a máquina foi desmontada, voltando a ser um simples veleiro. Mas os construtores prosseguiram e em 1827 após uma travessia de 17 dias e meio, surgiu, diante do porto de Nova York, completamente

carregado de cargas e passageiros, a embarcação a vapor *Sirus*, de 703 toneladas. A grande companhia *Cunard* foi fundada e, a partir de então, a vela já poderia ser considerada inteiramente destronada e despontava então a era do vapor. Porém, um obstáculo ainda impedia o desenvolvimento da nova forma de navegação: como as rodas eram colocadas nas laterais do casco, elas impediam o trabalho das velas e retardavam a marcha. Somente após vários anos, percebeu-se que o navio misto era inviável.

E, daí por diante, embora os veleiros continuassem sofrendo melhoramentos, eles estavam condenados a desaparecer e a razão disso é simples: um ruído estranho começou a se fazer sentir sobre as águas e um ronco singular passou a ser ouvido com frequência. A madeira começou a ser substituída pelo ferro, embora os mais descrentes não acreditassem que o ferro pudesse boiar. Todavia, o ferro boiou e aos poucos, o vapor tomou conta dos mares.

O emprego da hélice como propulsão já havia entrado em cogitação pelos engenheiros. Em 1823, *Deslile* testou o efeito do parafuso de *Arquimedes* como instrumento propulsivo e, em 1836, *Ericson* aplicou uma hélice na popa do seu navio, em substituição às rodas.

Em 1859, sai do estaleiro o “*Great Eastern*”, uma espantosa montanha de ferro nunca vista antes, com 209 metros e 26 metros de boca, porém suas travessias foram dispendiosíssimas. Apesar dos custos, daí em diante, os barcos de vinte ou mais toneladas tornaram-se comuns. E vieram uns atrás dos outros, cada vez maiores que seus antecessores, incluindo o mal-afortunado *Titanic* e o surpreendente *Queen Mary*.

Figura 3 – Great Eastern e a contrabordo outras embarcações da época



Fonte: <http://www.library.mun.ca/qeii/cns/photos/>

O próximo passo foi o desenvolvimento do motor a diesel e este passou a substituir os motores a vapor, já que os motores de combustão interna possuem maior rendimento e uma menor quantidade de diesel é necessária em peso e volume do que o carvão, aumentando, assim, sua capacidade de carga.

Em 1897, surge mais uma nova tecnologia: o aparecimento da turbina a vapor marítima desenvolvida por Sir Charles Parsons que fez sua primeira demonstração no navio “Turbinia”. Nessa perspectiva, na primeira metade do Século XX, surge uma nova geração de navios de cruzeiro de alta velocidade.

Desenvolvem-se os auxílios à navegação e a criação de equipamentos que viriam a revolucionar a navegação, que demonstra, ao longo da história, a superioridade do gênio inventivo dos homens.

Assim, prossegue a navegação aproximando civilizações e melhorando as condições do conforto humano.

## **2.1 IDADE CONTEMPORÂNEA (De 1789 até os nossos dias)**

Os cronômetros começaram a ser usados em larga escala a bordo no final do Século XIX. No final deste século apareceram equipamentos capazes de transmitir sinais via rádio.

Como os navios passaram a ser construídos em ferro e aço, se fez necessário o desenvolvimento de uma agulha que não sofresse influência dos metais a bordo. Leon Foucault desenvolveu um giroscópio básico em 1852 e, em 1904, foi inventada por um jovem alemão, chamado Hermann Anschütz-Kaempfe a primeira agulha giroscópica do mundo, que poderia ser usada a bordo de navios. A agulha giroscópica consiste essencialmente em um rotor suspenso livremente de forma a ter movimentos livres em torno do eixo de rotação, vertical e horizontal, que se move em alta rotação, impulsionado por um motor elétrico. A agulha giroscópica mede o ângulo entre a proa do navio e o eixo de rotação do giroscópio, isto é, o rumo verdadeiro do navio. Além de serem utilizadas a bordo dos navios como referência para obtenção de rumos e marcações, essas agulhas estão sendo utilizadas pelos navios modernos para prover dados para os sistemas integrados de navegação (que será melhor explicado no capítulo 3) e para os sistemas de posicionamento dinâmico (que será estudado no capítulo 4). A introdução da agulha giroscópica eletro-mecânica relegou a agulha magnética a uma condição de backup, porém a interrupção da energia, a falha mecânica ou algum problema físico da agulha giroscópica instantaneamente elevam a agulha magnética novamente à condição de principal, na maioria dos navios, o que não ocorre nos navios mais modernos providos com mais de uma agulha giroscópica ou com UPS (Uninterruptible Power Supply – Fonte de Alimentação Ininterrupta).

Mais tarde, vieram os faróis e boias para auxiliar os navegantes no passadiço e, em 1921, o primeiro radiofarol.

Na primeira década do Século XX surgiu o radiogoniômetro utilizado a bordo para determinar, mediante o emprego de sinais radioelétricos, a direção entre duas estações, uma transmissora e uma receptora. O aparelho permite a obtenção de marcações de radiofaróis, outros navios, aviões e, até mesmo, de emissoras de radiodifusão comerciais, sendo muito útil em ocasiões de visibilidade restrita, quando não podem ser realizadas observações astronômicas ou visuais.

Em 1911, surge o primeiro piloto automático para navios, chamado “Metal Mike”, que tão somente permitia manter a embarcação num determinado rumo. Esse mecanismo se desenvolveu significativa e rapidamente nos últimos 30 anos e os pilotos automáticos modernos podem ser acoplados aos sistemas de navegação e aos sinais de vários sensores. Deste modo, são capazes de navegar em uma rota pré-definida através de *waypoints* e fazer as mudanças de rumo sem a necessidade

da intervenção humana, necessitando somente de seu monitoramento. Seu uso tornou-se imprescindível, possibilitando a economia de tempo e de combustível, sem mencionar a exaustiva tarefa que era ficar dia após dia, de pé junto à roda do leme ou timão. Hoje em dia, seu avanço não é fácil de ser visualizado, uma vez que o foco do desenvolvimento tem sido o “software” de controle.

No começo do Século XX, experiências realizadas por Behm e Langevin levaram a Marinha Americana a desenvolver, em 1922, o primeiro navio foi equipado com um ecobatímetro. Esse equipamento serve para determinar profundidades através da medição do tempo que um feixe de ondas sonoras ou ultrassônicas transmitidas verticalmente por um emissor instalado no casco do navio atravessa o meio líquido até o fundo, onde se reflete, voltando à superfície, sendo detectado por um receptor a bordo. O incremento dos ecobatímetros continuou com o passar dos anos e, em 1925 foi produzido um ecobatímetro mais desenvolvido chamado fatômetro ou sonar de profundidade. Entretanto, apenas no final da década de 30, um ecobatímetro suficientemente preciso e compacto foi desenvolvido e somente após o final da 2ª Guerra Mundial, todos os tipos de embarcações começaram a ser equipadas com o ecobatímetro.

Em 1936, foi concebida a ideia do sistema Decca, porém sua introdução na indústria marítima ocorreu durante a 2ª Guerra Mundial, quando foi desenvolvido o Sistema de Navegação Decca e seu primeiro uso prático na navegação foi em 1944. O sistema foi introduzido no mercado e sua primeira cadeia permanente tornou-se operacional em 1946 (na Inglaterra). Em seguida cadeias foram instaladas na Europa e em outras partes do mundo, de modo que esse sistema foi o esteio da navegação eletrônica durante décadas nessas regiões. O princípio do sistema Decca é a medida de diferença de fase entre sinais recebidos de duas estações quando atingem o navio, para determinação das LDP (Linhas de Posição). O sistema emprega redes (cadeias) de estações, cada uma formada por uma estação mestra em combinação com até três escravas, ou secundárias, e usando ondas contínuas não moduladas. Os sinais são sincronizados de modo que quando o pico de uma onda é transmitido pela estação principal um pico similar é transmitido pela secundária. Após o receptor captar esses sinais e determinar a diferença de fase, o receptor indica sobre qual linha particular o navio está, e duas LDPs oriundas de duas diferentes combinações principal/secundária dão uma posição que é convertida em latitude e longitude. Em condições favoráveis, o erro nas posições Decca pode

ser inferior a 50 metros, até 50 milhas das estações. Das 50 para as 240 milhas, o rigor das posições obtidas diminui substancialmente, sendo, no limite exterior, da ordem de  $\pm 2$  milhas, pois a precisão do sistema Decca também depende da hora do dia e da estação do ano. Mesmo com um certo grau de precisão e com o aparecimento de receptores compactos e fáceis de operar, hoje em dia, o sistema Decca deverá continuar operando, quando muito, apenas nas regiões onde já operava e, provavelmente servindo somente de back-up após o aparecimento do GPS.

A origem das pesquisas para se conseguir um equipamento de rádio-detecção (determina a distância de um objeto medindo o tempo necessário para uma onda rádio viajar de um transmissor até o objeto e voltar), e de RADAR (Radio Detection And Ranging – detecção e medição de distância por ondas rádio), é antiga. Em 1886, Hertz provou, de forma conclusiva, que as ondas rádio podiam ser refletidas. Em 1904, engenheiros alemães faziam experimentos com ondas rádio refletidas e obtiveram sua patente para um “Aparato de Projeção e Recepção de Ondas Hertzianas”. Em 1922, dois cientistas americanos, testando um sistema de comunicação, notaram flutuações nos sinais, quando navios passavam entre as estações no rio Potomac. Porém somente na década de 30, com as ameaças de guerra, acentuou-se o impulso nas pesquisas em torno do radar. A Inglaterra tomou a dianteira e ultrapassou os Estados Unidos, começando a trabalhar no radar em 1935, e em 1936, produzindo um radar com alcance de 35 milhas náuticas. Em 1937, foi instalado a bordo e o USS Leary testou o primeiro protótipo de radar em alto mar. Em 1940, cientistas americanos e britânicos combinaram seus esforços. Somente após os britânicos revelarem os princípios da Magnetron foi que tornou-se possível a construção de equipamentos RADAR de tamanhos pequenos, para instalação a bordo de navios. Em 1945, após a 2ª Guerra Mundial, o RADAR, até então de uso exclusivamente militar, passou a ser empregado em outras atividades e a ser fabricado comercialmente. Os radares, cujas principais finalidades na execução da navegação são a obtenção de linhas de posição para determinação da posição do navio e a detecção e medição de marcações e distâncias de outros pontos e embarcações, a fim de evitar colisões e abalroamentos no mar, ainda hoje, são não somente utilizados para a navegação, mas são um dos principais e mais importantes equipamentos do passado. É até difícil imaginar um passado sem

radar e como viver-se-ia no mar sem seu auxílio, principalmente nos dias de horizonte limitado pelos nevoeiros ou chuvas.

Se, no final da década de 30, a operação de sistemas hiperbólicos de navegação já era conhecida e, em 1942, os britânicos já usavam um sistema para longo alcance, em 1943, os americanos que não estavam muito atrás dos britânicos, desenvolveram seu sistema hiperbólico de navegação de longo alcance, que veio a ser o sistema LORAN A (LONg RANge Navigation system). Entre o final da década de 40 e início da década de 50, foram feitos experimentos com baixa frequência, que resultaram em um maior alcance e em um sistema mais preciso e capaz de proporcionar continuamente e em qualquer condição de tempo informação de posição, renomeado, então, Loran C. O sistema Loran é bastante parecido com o sistema Decca, porém o Loran mede não só a diferença de fase, como a diferença de tempo entre os sinais recebidos, o que o capacita a fazer uso das ondas celestes, assim aumentando a cobertura proporcionada pelo sistema. O sistema deverá ser substituído pelo GPS, mas, devido ao grande número de usuários, ainda deve permanecer ativo por tempo indeterminado.

Após o acidente, em 1956, com o navio italiano SS Andrea Doria na costa leste dos Estados Unidos, onde o mesmo colidiu e naufragou deixando 52 mortos, começou-se a desenvolver um sistema chamado ARPA (Automatic Radar Plotting Aid). Com o desenvolvimento dos microeletrônicos, os radares providos de ARPA começaram a aparecer em 1960 e o primeiro comercialmente disponível foi instalado, em 1969, no MV Taimyr. O ARPA acompanha, determina e analisa dados interagindo com os navios na tela do radar, proporcionando ao navegante informações essenciais instantaneamente, como o PMA, o instante para o PMA, rumo verdadeiro, velocidade, etc. A ideia de um radar “anticolisão” é brilhante e o ARPA veio inegavelmente facilitar a vida dos navegantes e lhes poupar tempo, passando a ser mandatário.

Após o lançamento do primeiro satélite artificial pela União Soviética, foram feitas várias medições e estudos para determinar a posição e a velocidade do satélite, com isso começou-se a explorar a ideia de trabalhar no sentido inverso, usar órbitas de satélites conhecidos para determinar uma posição desconhecida na Terra. Nessa perspectiva, surgiu o primeiro sistema de navegação satélite usado pela marinha americana, chamado Transit, seu primeiro satélite foi colocado em órbita polar em 1960. O sistema compreendendo sete satélites se tornou operacional

em 1962 e, com a leitura de três satélites, o navegante podia contar com uma acuidade de 80 pés. No início dos anos 70, fez-se necessário um sistema de navegação por satélites de alta precisão e uma capacidade de posicionamento contínuo tridimensional (latitude, longitude e altitude) foi estipulada como condição indispensável para o sistema. Em 1973, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou formalmente o programa de desenvolvimento de um sistema de segunda geração, denominado Sistema Global de Posicionamento Navstar, ou GPS. Seu primeiro protótipo foi colocado em órbita em 1974, mas seu relógio falhou logo após o lançamento. Depois de desenvolverem novos relógios com césio foi novamente enviado à órbita em 1977 e, em 1985, a primeira constelação de 11 satélites GPS Block I foi colocada em órbita. Em 1989, foram enviados satélites mais modernos GPS Block II. Hoje em dia, o sistema possui 31 satélites operacionais em sua constelação.

Em 1979, os russos começaram a desenvolver seu próprio sistema de navegação espacial, chamado Cicada, colocando quatro satélites em órbita. O sistema Cicada evoluiu para a segunda geração e, em 1982, com o lançamento do Kosmos-1413, os russos começaram a testar sua terceira geração, um sistema chamado GLONASS. Esse sistema foi colocado em testes operacionais em 1993 e, em 1995, todo grupo de 24 satélites foi formado na órbita. Hoje o sistema possui 31 satélites, sendo 24 operacionais, 2 em manutenção, 4 sobressalentes e um em fase de teste.

A Agência Espacial Europeia também resolveu desenvolver seu sistema, chamado Galileo, com uma diferença essencial: a de ter a integridade garantida, pois seu sistema até o momento é o único completamente civil, enquanto os outros são militares. O Galileo é interoperável com os dois outros sistemas globais de navegação satélite (GPS e Glonass). Em 2011, vieram dois dos quatro satélites operacionais desenvolvidos para validar o Galileo e os outros dois serão lançados ainda este ano (2012). Após essa fase de validação em órbita ser completada, satélites adicionais serão lançados para atingir a capacidade operacional inicial, que deverá acontecer no meio desta década e, ao final da década, o sistema deverá estar em sua plena capacidade operacional, que consistirá em 30 satélites, sendo 27 operacionais e 3 sobressalentes, posicionados em três órbitas médias da Terra, com uma altitude de 23222Km acima do planeta Terra e uma inclinação do plano orbital de 56 graus do Equador.

Embora o GPS tenha aumentado e muito a precisão da posição, ainda não era suficiente para o homem contemporâneo e suas novas atividades e operações. Então surgiu a necessidade de mais precisão no posicionamento e, com isso, foi desenvolvido o DGPS (Differential GPS), que nada mais é do que um método para aumentar a precisão da posição dada pelo GPS por transmissão de correções geradas por estações de referência precisamente avaliadas. Hoje em dia, temos diferentes correções transmitidas que podem ser recebidas por diferentes métodos como o IALA, que usa link de rádio, sistemas satélites dedicados como o Spotbeam e o Inmarsat e correções via UHF. Além disso, alguns sistemas também possuem um diferencial calculado que usa modelos matemáticos, como as correções HP e XP, que dão ao sistema ainda mais precisão. Se o GPS já foi um grande progresso, com uma acuidade de aproximadamente 100m (95%), o DGPS veio a melhorar ainda mais esta precisão, sendo sua acuidade é de 1 à 10m (95%).

Desde a invenção do rádio por Marconi, em 1896, os navios confiavam, para suas telecomunicações de socorro e segurança, somente no código Morse, criado por Samuel Morse e usado pela primeira vez em 1844. Após o desastre com o navio de passageiros Titanic, em 1912, percebeu-se a necessidade de se ter nos navios e nas estações costeiras equipamentos de radiotelegrafia e uma frequência rádio comum de monitoramento para chamadas de socorro codificadas em código Morse. Seu uso foi regularizado, salvando milhares de vidas desde a sua criação há quase um século, porém seu uso requer que os rádio operadores sejam muito bem qualificados e passem muitas horas monitorando frequências de socorro, visto que seu alcance é limitado e o tráfego da quantidade de sinais Morse que pode ser transmitido também é limitado.

As comunicações foram evoluindo e passaram a ter longo alcance, com telegramas e telex via rádio em bandas de alta frequência, que permitiam comunicações de todo o mundo com os navios. Desde seu surgimento, a IMO (International Maritime Organization) não poupou esforços para aumentar a segurança no mar e procurou melhorar a radiocomunicação marítima. Em 1974, junto com a Convenção SOLAS, surgem exigências quanto a radiocomunicação a bordo. Todavia somente após 1984, passou a ser obrigatório a todos os navios a comunicação por meio de rádios VHF e MF. Nesse período, a IMO começou seus estudos sobre comunicação marítima por satélite, resultando na fundação da organização Inmarsat. No final dos anos 80, as comunicações via satélite

começaram a tomar uma parte cada vez maior do mercado de comunicações navio-terra. Vale lembrar que, na década de 70, a IMO começou a rever a política de desenvolvimento de um sistema de socorro e a possibilidade de um sistema de alerta automático e transmissão de socorro e informações de segurança. Em 1979, foi instituída a Convenção SAR. Com a assistência de diversas organizações internacionais, a IMO desenvolveu e provou os vários equipamentos e técnicas usados no sistema global marítimo de socorro e segurança, surgindo assim o GMDSS. O propósito desse equipamento é possibilitar que uma embarcação em situação de socorro consiga alertar as autoridades de busca e salvamento, bem como embarcações nas proximidades a fim de obter auxílio rapidamente, proporcionando aos navegantes informações de segurança marítima. Suas emendas entraram em vigor em 1992 e, em 1999, o GMDSS foi totalmente implementado, tendo sido, inegavelmente, a mais importante mudança nas comunicações marítimas ao longo de toda sua história. O sistema GMDSS engloba diversos equipamentos como: rádios VHF fixos e portáteis, sistema de Chamada Seletiva Digital (DSC), SART, NAVTEX / SafetyNet, EPIRB, radio MF/HF, Inmarsat A, B ou C ou Fleet 77, dentre outros.

Surge nos anos 80 uma inovação que vem mudando a vida do navegante, a respeito da qual muito se discute nos dias de hoje. Após a evolução tecnológica das últimas décadas e a constante preocupação em aumentar a segurança da vida humana no mar, surgem as Cartas Náuticas Eletrônicas, versões digitais e feitas para operar em um sistema de computador. É um produto cartográfico que possibilita a integração de diversos sensores de segurança e posicionamento do navio, provendo navegação em tempo real e, conseqüentemente, o aumento da segurança do navegante. Como, para sua utilização, é necessário um sistema de computador, surge assim o ECDIS (Electronic Chart Display and Information System). Com tanta inovação surgiram as discussões em torno deste novo sistema, e fez-se necessária a padronização do formato das cartas e as especificações mínimas dos equipamentos que iriam operá-las, e, assim, surgiram os primeiros documentos para estabelecer esses padrões emitidos pela Organização Hidrográfica Internacional e pelo Comitê de Segurança Marítima da Organização Marítima Internacional. No ano 2000, a IMO adotou uma nova revisão do Capítulo V da Convenção SOLAS, que entrou em vigor em 2002 e, que em sua Regra 19, dispõe sobre a aceitação de sistemas de apresentação de cartas eletrônicas e de

informações (ECDIS) a bordo, de dispositivos de reserva para atender aos requisitos funcionais e das datas limites para a instalação nos diversos tipos de navios. Mais recentemente, revisões na Convenção STCW, “Manila Amendments” realizada em junho de 2010, dispõe sobre novas exigências relativas à formação em tecnologia moderna, como ECDIS.

Em meados dos anos 90, os suecos propuseram desenvolver um dispositivo capaz de operar automática e continuamente usando uma tecnologia de acesso múltiplo e auto-organização da divisão de tempo, e assim surgiu a ideia do AIS. O sistema foi desenvolvido por militares, porém sua tecnologia foi transferida para o setor civil sem grandes modificações. Esse sistema serve para identificar e localizar embarcações por intermédio da troca eletrônica de dados e sinais rádio com outros navios e estações VTS. Suas informações, tais como identificação, rumo, velocidade, posição e outras, podem ser exibidas não somente em seu aparelho próprio, como integradas ao radar e ao ECDIS. Se, originalmente, a ideia era para a operação navio-terra, para o acompanhamento das embarcações pelos serviços de controle de tráfego de embarcações (VTS – Vessel Traffic Service) e autoridades marítimas, o conceito acabou sendo adaptado, passando a englobar também a operação navio-navio, tornando-se uma grande ferramenta para evitar abalroamentos, bem como para auxiliar no controle do tráfego. Foi considerada uma ferramenta tão importante, que virou exigência em 31 de dezembro de 2004.

Figura 4 - Contraste de Passadiços



Fonte: Northrop Grumman Product Brochure

## 2.2 O NAVIO DO FUTURO

O impacto da tecnologia nas embarcações é revolucionário e o passadiço sofreu grandes modificações. A automatização e o uso extensivo de tecnologia tornaram as embarcações mais eficientes, mais econômicas e menos nocivas ao meio ambiente.

Radares cada vez mais modernos e com mais recursos são usados para advertir sobre riscos de colisão e outros perigos. Com a invenção do AIS, as embarcações agora podem ser identificadas e rastreadas, sistemas de navegação satélite são usados para fornecer posições precisas, sistemas de geração e transmissão de energia se tornaram altamente automatizados e controlados eletronicamente e, em algumas embarcações, passou a ser controlado também pelo passadiço. Além disso, painéis de lastro, de emergência, detectores de incêndio e controle de vários equipamentos se encontram hoje no passadiço.

Cada vez mais faz-se uso de meios eletrônicos para os auxílios à navegação, determinando a posição e evitando encalhes e colisões / abalroamentos. O ECDIS está se tornando o principal deles.

O serviço de quarto hoje é realizado através de painéis eletrônicos e o elevado grau de precisão dos equipamentos gera confiança de que o mesmo alertará para os riscos, gerando então uma grande dependência.

Enquanto algumas das habilidades associadas à navegação antes da introdução do ECDIS – navegação astronômica, plotagem de posição em cartas de papel, marcação e distância no radar e uma simples olhada pela asa do passadiço – continuarão familiares aos navegadores mais antigos, há a possibilidade dessas habilidades tradicionais enfraquecerem consideravelmente e os navegadores mais novos depositarem grande confiança na eficácia dos meios eletrônicos para garantir a segurança da navegação.

## **CAPÍTULO 3**

### **O ADVENTO DO PASSADIÇO INTEGRADO**

Tradicionalmente, as embarcações a vela eram comandadas do tombadilho, porém com a chegada dos barcos a vapor com rodas de pás, os engenheiros começaram a exigir uma plataforma onde pudessem inspecionar as mesmas e onde os Comandantes não tivessem a visão obstruída pelas casas das pás, então uma passarela, literalmente uma ponte, conectando as casas das pás foi provida. Mais tarde vieram os propulsores substituindo as rodas de pás, e a “ponte” foi mantida e assim surgindo o Passadiço. Porém naquela época, os passadiços ainda não tinham muita altura e um homem alto, mal podia ficar de pé dentro deles e para piorar, a escuridão era completa e as lanternas acesas dia e noite, empestavam o ambiente de um cheiro de azeite insuportável.

Como ainda não existia tecnologia para o controle remoto das máquinas e do governo, os comandos eram passados dos Oficiais no passadiço para estações espalhadas pelo navio, onde o controle físico era realizado. Ordens de leme eram passadas para uma sala do leme, onde o timoneiro operava a roda do leme, as ordens de máquinas eram transmitidas aos ofícios de máquinas na praça de máquinas por meio do telégrafo de manobras. O passadiço era normalmente aberto, por este motivo foi criada a sala de cartas, onde o Oficial de Navegação pudesse ficar abrigado das intempéries emitindo os comandos.

Os navios de ferro e mais tarde de aço necessitavam de um local onde a agulha magnética pudesse ser instalada a mais afastada possível das interferências ferrosas do casco da embarcação e assim as agulhas magnéticas passaram a ser instaladas no tijupá.

Por volta da virada do século XX, um problema clássico da navegação em alto-mar era manter o rumo, especialmente perto dos polos, já que a agulha magnética sofria influências perto dos mesmos. Sendo assim um jovem alemão, chamado Hermann Anschütz-Kaempfe tornou-se obsessivo por encontrar um instrumento que mantivesse o rumo adequadamente e se concentrou na localização da direção do norte geográfico. Em 1904, ele inventou a primeira agulha giróscopica do mundo que poderia ser usada a bordo de navios. E este foi o ponto de partida

para uma história cheia de inovações marítimas, tendo sido criado então no ano de 1920 o primeiro piloto automático para navios.

Com os modernos avanços em equipamentos controlados remotamente houve uma transferência progressiva do controle do navio para o passadiço e o timão, hoje substituído pelos *joysticks* e manetes, passou a ser operado diretamente do passadiço.

De acordo com a definição da International Maritime Organization (IMO), o Sistema de Passadiço Integrado (*IBS – Integrated Bridge System*) é definido com uma combinação de sistemas interconectados de modo a permitir um acesso centralizado as informações de sensores ou comando/controlado das estações de trabalho, com o objetivo de aumentar a segurança e a eficiência do gerenciamento da embarcação por pessoal adequadamente qualificado. Seus padrões de desempenho foram adotados pela Organização Marítima Internacional em 1996 (Resolução MSC.64(67)).

O capítulo V da Convenção SOLAS revisada adotada em dezembro de 2000 e que entrou em vigor em julho de 2002 diz na Regra 19 – Prescrições para a existência a bordo de sistemas e equipamentos de bordo para a navegação parágrafo 6:

Os sistemas integrados do passadiço deverão ser dispostos de tal modo que uma avaria num subsistema seja levada imediatamente à atenção do oficial de serviço através de alarmes sonoros e visuais, e não provoque avarias em qualquer outro subsistema. No caso de avaria numa parte de um sistema de navegação integrado, deverá ser possível operar separadamente todos os outros equipamentos ou partes do sistema. (IMO, SOLAS - *Convenção Internacional Para Salvaguarda da Vida Humana no Mar*, 2010, p.367)

O sistema foi desenvolvido com o intuito de aumentar a segurança e reduzir o tempo gasto pelo Oficial de Náutica no planejamento e execução da navegação, eliminando o processamento manual das informações e provendo o navegante com informações que o ajudavam a avaliar rapidamente a situação através de monitores.

Cada tipo de embarcação possui suas necessidades individuais, sendo assim, os Sistemas de Passadiço Integrado são projetados especialmente para cada embarcação. As informações recebidas de cada sensor / equipamento, como agulha giroscópica, GPS, ecobatímetro, odômetro, ARPA, radar, etc, podem ser integradas com o ECDIS, processadas através de um computador / processador e exibidas

eletronicamente em uma unidade de controle, proporcionando ao Oficial de serviço na navegação uma visão completa de toda a situação, uma melhoria significativa na precisão da informação da posição e a automatização das funções, pois o sistema fornece sinais de controle necessários para a manutenção da derrota planejada.

E com todas essas vantagens, o conceito de Passadiço Integrado está conduzindo o futuro do planejamento da navegação.

O navegante tornou-se um gestor do sistema, escolhendo os parâmetros do sistema, interpretando as informações de saída e monitorando a resposta da embarcação.

Na prática, o navegante sintetiza diferentes metodologias em um sistema integrado e não deve nunca se acomodar e usar somente um método quando outros estiverem disponíveis, pois cada método tem suas vantagens e desvantagens e cada um deve ser usado em um tipo de situação, nunca confiando plenamente em somente um sistema.

A navegação moderna se tornou quase por completo um processo eletrônico, levando-se em conta o advento da plotagem automática da posição e as cartas eletrônicas, o navegante é tentado a confiar somente em sistemas eletrônicos, não levando em consideração que sistemas eletrônicos estão sujeitos a falhas e que a segurança de sua tripulação e embarcação depende de habilidades praticadas por gerações no passado. A proficiência em métodos tradicionais de navegação e a navegação astronômica permanecem essenciais.

### **3.1 O SISTEMA DE PASSADIÇO INTEGRADO E SEUS COMPONENTES**

O Sistema de Passadiço Integrado é uma combinação de equipamentos e *software* que usam controles interconectados e monitores para apresentar um conjunto de informações de navegação ao navegante. As classificadoras possuem suas regras para especificar critérios para as estações de trabalho no passadiço, definem as tarefas a serem executadas e especificam como e onde os equipamentos devem ser instalados para permitir que essas tarefas possam ser

executadas. Os requerimentos para os equipamentos são específicos para cada navio de acordo com o certificado de classe.

Os sistemas do passadiço são divididos em quatro partes: sistema técnico, operador, interface homem/máquina e procedimentos operacionais, mas podemos por assim dizer que os passadiços hoje em dia dividem-se em seis partes principais (grupos de equipamentos): estação de comando (governo, radares/ARPA, controles da máquina, VHF, etc); mesa de cartas (incluindo ECDIS e plotadora, GPS, Navtex); GMDSS e comunicação; estações de manobra nas asas do passadiço; controles do navio (alarmes, seletores, lastro e carga, etc); e auxiliares (cabines, armários, baterias, banheiros, hotelaria).

Um Sistema de Passadiço Integrado geralmente consiste, no mínimo, em:

- Dois ECDIS – uma estação mestra e uma reserva;
- Dois radares / ARPA;
- Monitor de Comando com informações da navegação;
- DGPS;
- Sistema de medição de velocidade;
- Piloto automático e agulha giroscópica;
- GMDSS.

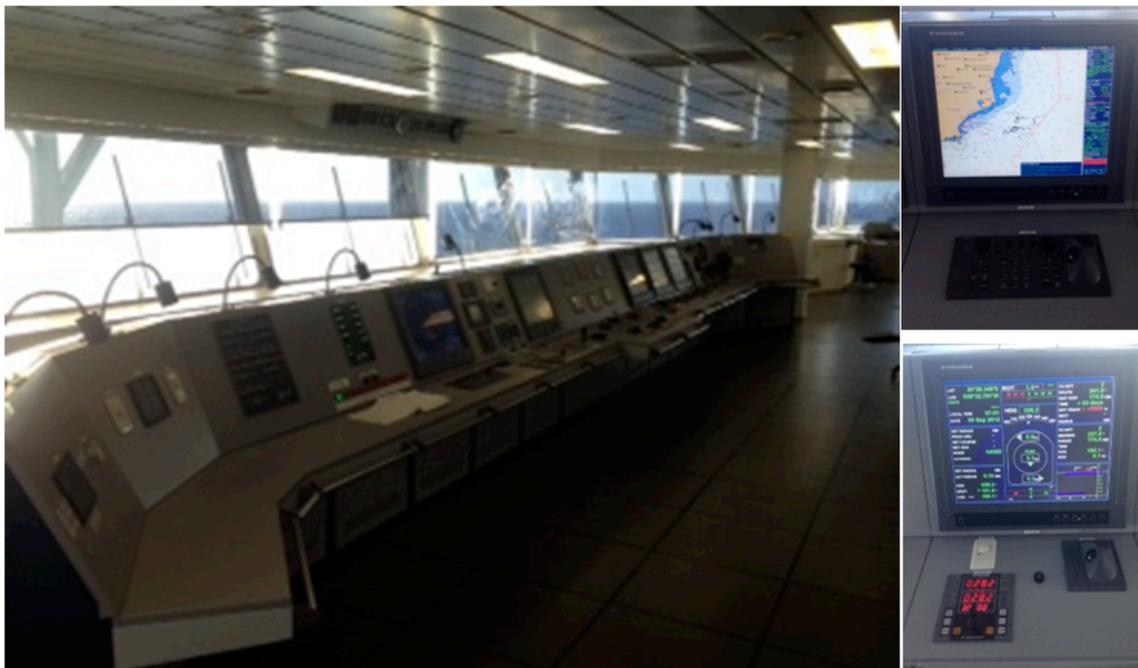
Além do descrito acima, alguns sistemas também englobam sistema de monitoramento de incêndio, alarmes de estado da embarcação, controles da praça de máquinas, monitores de lastro / deslastro e funções para carga e descarga.

Requerimentos mais estritos também exigem:

- Sistema de governo manual e automático (incluindo software para cálculo, execução e ajustes para manter uma rota planejada e um indicador de razão de guinada);
- Sistemas de navegação e rota automática;
- DGPS (redundância);
- Agulha giroscópica redundante;
- Radar (redundância);
- Anemômetro;
- Ecobatímetro (dois transdutores >250m);
- Avisos de alteração de rumo e reconhecimento;

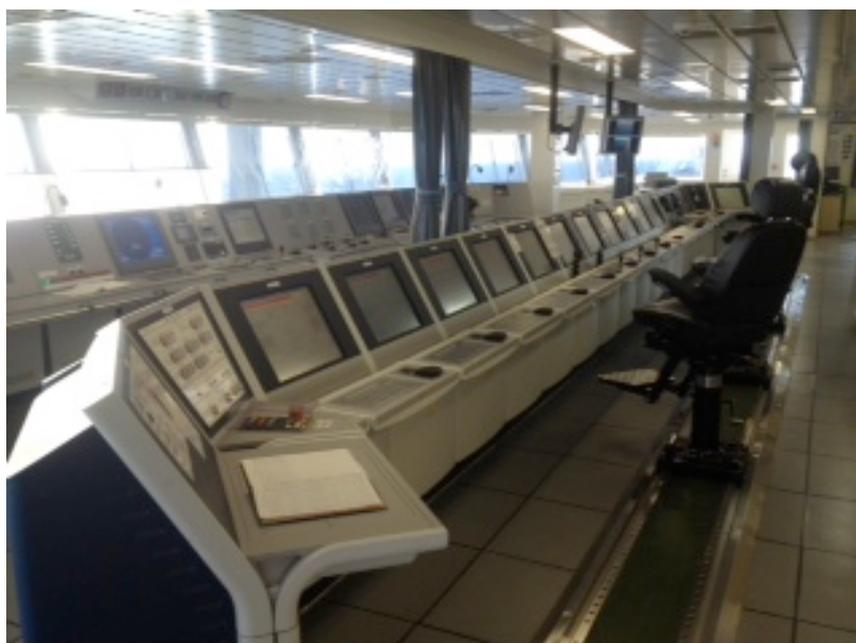
- Meios para digitalizar cartas de papel para áreas não cobertas pelas ENC.

Figura 5 – Console de navegação de um navio moderno com SPI – Estação de Trabalho Centralizada (de acordo com definição da Classificadora) – com destaque para o ECDIS e o Monitor de Informação de Comando



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

Figura 6 – Passadiço moderno de um navio com Sistema de Passadiço Integrado



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

Figura 7 – Estação de Trabalho para Planejamento da Derrota



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

Figura 8 – Estação de Trabalho para Governo Manual



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

### 3.2 REQUERIMENTOS DE UMA SOCIEDADE CLASSIFICADORA

Como as Sociedades Classificadoras tem autoridade para estabelecerem requisitos mínimos para o Sistema de Passadiço Integrado, desde que estes não venham a ferir as exigências mínimas da Organização Marítima Internacional, serão

demonstradas a seguir as exigências da Sociedade Classificadora ABS como forma de ilustrar melhor o que está sendo estudado neste capítulo.

A ABS define o Sistema de Passadiço Integrado exatamente como a Organização Marítima Internacional: uma combinação de sistemas interconectados de modo a permitir um acesso centralizado as informações de sensores ou comando/controle das estações de trabalho, com o objetivo de aumentar a segurança e a eficiência do gerenciamento da embarcação por pessoal adequadamente qualificado.

Requisitos para o Sistema de Passadiço Integrado:

- O Sistema de Navegação Integrado (SNI) deve ser concebido de modo que a falha de um subsistema não afete nenhum outro subsistema. Em caso de falha do SNI deve ser possível operar separadamente as funções dos equipamentos/sistemas de navegação primários do passadiço;
- Uma Estação de Trabalho Centralizada deve ser fornecida de forma a permitir que o navegante possa executar as funções necessárias de navegação, monitoramento e comunicação. Os equipamentos necessários na Estação de Trabalho para Navegação e Vigilância de Tráfego/Manobra e na Estação de Trabalho para Monitoramento devem ser integrados dentro de uma Estação de Trabalho Centralizada no passadiço;
- A Estação de Trabalho Centralizada deve ser equipada com um Painel Central de Alarme para instrumentos e sistemas relacionados à navegação, monitoramento e comunicação de fácil identificação e reconhecimento dos alarmes individuais. O reconhecimento do alarme de um equipamento instalado tanto na Estação de Trabalho quanto de um equipamento no Painel Central de Alarme deve cancelar o alarme sonoro em ambas as fontes, porém o cancelamento do alarme visual no Painel Central de Alarme somente deve ser possível na estação de trabalho pertinente. As seguintes condições devem alarmar na Estação para Monitoramento – quando a embarcação estiver fora do aproamento definido, fora da trajetória da derrota, quando houver um desvio do derrota planejada, quando estiver se aproximando de um *waypoint* (ponto de guinada) ou do PMA, quando a embarcação

adentrar uma área com lâmina d'água menor que a mínima predefinida, quando houver falha da agulha giroscópica, quando houver falha do sistema de alarme de serviço de quarto no passadiço, quando houver falha da fonte de alimentação para o painel de distribuição dos equipamentos relevantes – e as seguintes condições devem alarmar no Painel Central de Alarme: perda de posição ou posição imprecisa, perda do sinal de entrada da informação de aproamento, perda do sinal de entrada de registro de dados, diferença de valores entre as agulhas giroscópicas, falha no Sistema de Passadiço Integrado;

- A Estação de Trabalho para Planejamento da Derrota deve ser capaz de permitir que o navegante possa fazer o planejamento da derrota sem interferir na atual navegação ou manobra do navio, deve ser grande o suficiente para facilitar o uso de duas cartas simultaneamente quando necessário e deve ser adequadamente equipada para um planejamento eficiente da derrota;
- O Monitor de Informação de Comando (*Conning Display*) deve ser localizado no passadiço e possível de ser observado da posição de controle da embarcação. Deve também ser projetado para uma fácil leitura das informações e estas devem ficar restritas às informações relevantes da fase atual da viagem. O monitor pode fazer parte da Estação de Trabalho Centralizada do passadiço;
- Requerimentos para os sistemas de navegação:
  - O sistema de informação de aproamento deve incluir a agulha magnética e duas agulhas giroscópicas independentes;
  - O sistema de medição de velocidade deve ser independente do sistema de informação de posição;
  - O Sistema de Rota Automática deve permitir que a embarcação mantenha um derrota pré-planejada automaticamente e que a posição da embarcação seja monitorada continuamente. Quando a posição do navio não for recebida, além de apresentar alarme, deverá ser mantido o aproamento atual ou a razão de guinada até que seja alterado manualmente pelo Oficial de Serviço. A posição

do navio deve ser verificada cruzando informações de cálculo de posição baseadas na velocidade; e

- Equipamentos relevantes associados ao ECDIS devem ser instalados na Estação de Trabalho Centralizada e na Estação de Trabalho para Planejamento da Derrota e o ECDIS deve obedecer a Resolução A.817(XIX) da Organização Marítima Internacional, Anexo 5 do Comitê de Segurança Marítima MSC.64(67) e Anexo 4 do MSC.86 (70).
- Tanto o manual de operações como o manual técnico devem incluir diagramas simplificados do ECDIS e do Sistema de Passadiço Integrado e procedimentos de teste periódicos para ambos;
- Todos os equipamentos da Tabela 1 – Equipamentos de Navegação para o Sistema de Passadiço Integrado – devem ser instalados no passadiço;
- A prova de mar deve incluir testes detalhados no ECDIS e no Sistema de Passadiço Integrado; e
- Os equipamentos devem ser examinados ou verificados a cada vistoria anual da embarcação.

Tabela 1 – Equipamentos de Navegação para o Sistema de Passadiço Integrado

Estação de Trabalho / Painel para	Principais funções a serem realizadas	Item	Equipamento	Observações
Centralizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a embarcação como um todo;</li> <li>• Reconhecer situações de perigo;</li> <li>• Decidir sobre ações para evitar colisão;</li> <li>• Verificar rumo e velocidade;</li> <li>• Mudar rumo e velocidade;</li> <li>• Verificar a posição;</li> <li>• Realizar comunicações internas, navio-navio e navio-terra;</li> <li>• Disparar alarmes;</li> <li>• Observar a condição meteorológica;</li> <li>• Reconhecer alarmes; e</li> <li>• Soar sinais sonoros.</li> </ul>	A1	Indicador das agulhas giroscópicas, indicador da agulha magnética, seletor da bomba do leme, seletor de controle do modo de governo, indicador de ângulo do leme, indicador de passo, indicador de razão de guinada, indicador de velocidade, indicador de profundidade, radar de 9GHz, ARPA, indicadores de posição, dispositivo para reconhecimento de alarme, instalações para uso das cartas náuticas, AIS, controles dos motores dos propulsores / impelidores incluindo paradas de emergência, indicadores de revoluções dos motores dos propulsores e dos propulsores, indicador de direção e velocidade do vento; indicador de temperatura do ar e da água, sistema telefônico, equipamentos de radiocomunicação, Navtex, transmissor de sinal para o apito, sinal de neblina, alarme geral e luz de sinalização Morse, luzes de busca, controles para limpa vidro, jatos de água na vigia e aquecedor, equipamentos para visão noturna, sistema de recepção sonora, dispositivo de controle de iluminação das estações de trabalho, controles de aquecimento, ventilação e ar condicionado, relógio / cronômetro, grupos de alarmes e controles para restabelecimento.	um dos sistemas deve ser o GPS ou equivalente e o outro: Decca, Loran-C, Glonass, entre outros.
		A2	Painel central de alarme	
		A3	ECDIS	
Informação de Comando	Permitir ao navegante fácil leitura da condição de manobra da embarcação da posição de comando	B1	Monitor	Este monitor pode ser incluído na Estação de Trabalho Centralizada
Governo Manual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Governar a embarcação; e</li> <li>• Reconhecer alarmes</li> </ul>	C1	Indicador das agulhas giroscópicas	Duas agulhas independentes
		C2	Indicador da agulha magnética	
		C3	Sistema para governo manual com by-pass e seletor de controle	
		C4	Indicador de ângulo do leme	
		C5	Indicador de razão de guinada	Embarcações com 50.000 GRT ou mais
		C6	Dispositivo para reconhecimento de alarme	
		C7	Sistema telefônico	
		C8	Controles para limpa vidro, jatos de água na vigia e aquecedor	
Atracação (Asa do Passadiço)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar instruções, controlar e executar mudanças de rumo;</li> <li>• Dar instruções, controlar e executar mudanças de velocidade;</li> <li>• Dar instruções, controlar e executar mudanças na propulsão;</li> <li>• Comunicar-se com as estações de manobra;</li> <li>• Comunicar-se com rebocadores e lancha da praticagem;</li> <li>• Ser capaz de verificar a esteira; e</li> <li>• Reconhecer alarme.</li> </ul>	D1	Indicador das agulhas giroscópicas	Duas agulhas independentes
		D2	Seletor de controle do modo de governo	
		D3	Controles do leme	
		D4	Indicador de ângulo do leme	
		D5	Indicador de passo	Caso tenha passo controlável
		D6	Indicador de razão de guinada	Embarcações com 50.000 GRT ou mais
		D7	Controle dos propulsores / thrusters	
		D8	Revoluções do motor	
		D9	Indicador de revoluções da propulsão	
		D10	Indicadores de movimento lateral da embarcação	Caso possua impelidores laterais
		D11	Indicadores de movimento longitudinal da embarcação	
		D12	Indicadores de direção e velocidade do vento	
		D13	Indicadores de profundidade	
		D14	Dispositivo de reconhecimento de alerta para o Oficial de Serviço	
		D15	Controle dos apitos	
		D16	Holofote de busca e controle de dispositivo para Código Morse	
		D17	Sistema Telefônico	
		D18	Equipamento de Radiocomunicação	
		D19	Dispositivo para controle de iluminação da estação de trabalho	

Fonte: Arquivo da Autora

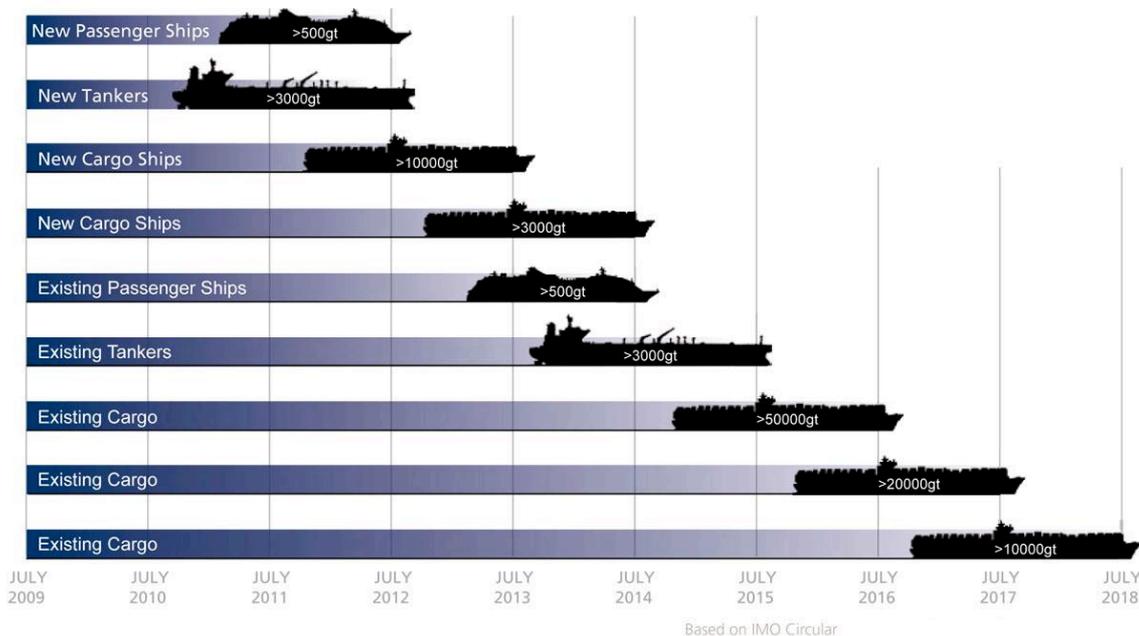
### 3.3 O SISTEMA ELETRÔNICO DE APRESENTAÇÃO DE CARTAS E INFORMAÇÕES (ECDIS – ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEM)

Os princípios da navegação não mudaram, contudo os meios pelos quais os navegantes passaram a navegar sim. O ECDIS, embora toda a sua complexidade, é simplesmente um auxílio à navegação, porém pode-se dizer que é a maior mudança na prática da navegação desde a introdução do radar e do GPS. Seu uso obrigatório, que começa a ser mandatório para determinado tipo de embarcação já este ano (2012), causou um enorme impacto nas frotas e na prática da navegação, não somente para o navegante como também para os armadores e gerentes das embarcações, contudo sua função primária continua sendo contribuir para a segurança da navegação.

De acordo com o capítulo V da Convenção SOLAS, Regra 19 – Prescrições para a existência a bordo de sistemas e equipamentos de bordo para a navegação, Parágrafo 2 – Equipamentos e sistemas de navegação de bordo: o Sistema de Apresentação de Cartas Eletrônicas e de Informações (ECDIS) é aceito como atendendo às exigências de existência de cartas a bordo para o planejamento e apresentação da derrota do navio e para a plotagem e monitoramento das posições durante a viagem desde que faça uso de Cartas de Navegação Eletrônicas oficiais (ENC) e que haja um dispositivo reserva. Neste mesmo parágrafo são definidas as datas limites para dotação de Sistema de Apresentação de Cartas Eletrônicas e de Informações, como pode ser visto na Figura 3.

O ECDIS consiste em duas partes: *hardware* (computador, painel do operador, I/O) e *software* e ambas as partes tem de ser aprovadas / certificadas em conjunto por uma Sociedade Classificadora para ser considerado ECDIS. Vale ressaltar que além do ECDIS ainda existe o ECS (Sistema de Cartas Eletrônicas), que pode ser utilizado como auxílio à navegação, mas que não atende às exigências de dotação de carta náutica a bordo de acordo com a Organização Marítima Internacional / Convenção SOLAS.

Figura 9: Prazo para Implementação do Sistema de Apresentação de Cartas Eletrônicas e de Informações



Fonte: [www.thefutureofnavigation.com](http://www.thefutureofnavigation.com) baseado na Circular da IMO. Ago, 2012

### 3.4 O NAVEGANTE COMO GESTOR DO SISTEMA

A tecnologia sem dúvida veio para facilitar a vida do oficial, porém existem evidências da rápida degradação das habilidades tradicionais devido ao excesso de confiança na tecnologia. A obrigatoriedade do transporte e presumivelmente do uso, de alguns equipamentos, como o ECDIS inevitavelmente aumentarão a tendência na dependência eletrônica. O que nos leva a pensar em quais habilidades o navegador do futuro precisará.

O desenvolvimento dos computadores e a tecnologia da navegação conduzida por eles acarretaram em evolução – alguns diriam revolução – na função do navegador.

Cada vez mais, o navegador é o gestor de uma combinação de sistemas de complexidades diferentes, que são usados para direcionar o rumo do navio e assegurar sua segurança. O navegador está deste modo menos preocupado com o controle direto da embarcação e mais preocupado com o gerenciamento do sistema e do pessoal que também está sob sua direção. O navegador deve tornar-se

competente e confortável com o gerenciamento da tecnologia avançada e de recursos humanos, especialmente em situações de estresse.

O passadiço de um navio moderno inclui um Sistema de Passadiço Integrado com um pacote de *softwares*, bem abrangente para gerenciamento de viagem e do navio, um ECDIS substituindo as cartas de papel e conectado ao radar, radares ARPA intercomutáveis entre banda-X e banda-S, piloto automático conectado a agulhas giroscópicas conectadas ao ECDIS, sistema de posicionamento GPS/DGPS, numerosos sensores ambientais, ecobatímetros digitais e Doppler. A parte de comunicações engloba a estação de trabalho do GMDSS com receptor Navtex, fac-simile e sistema de acompanhamento de condições meteorológicas, terminal SATCOM, rádios VHF fixos e portáteis, sistema de telefonia, sistema de alarmes e fonoclima e telefones auto-excitados. Como toda essa tecnologia está chegando a bordo, a tripulação está sendo reduzida, aumentando a responsabilidade de cada membro da equipe.

Desta forma, o navegante moderno está se tornando um gestor de recursos, tanto eletrônicos como humano. Claro que este sempre o foi, mas nos dias de hoje os sistemas são muito mais complexos e as consequências de um erro de navegação são muito mais sérias, do que jamais foram. Um navegante prudente deve portanto se familiarizar com as técnicas de Gerenciamento de Recursos do Passadiço, pelas quais poderá supervisionar as numerosas tarefas complexas envolvendo o controle da navegação de sua embarcação.

### **3.5 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INTEGRADO**

Como mencionado anteriormente, outros sistemas podem fazer parte do Sistema de Passadiço Integrado e uma nova geração de equipamentos cada vez mais modernos passam a ser parte integrante do passadiço moderno.

Sistemas de Gerenciamento de Energia, Sistemas de Gerenciamento da Embarcação, Sistemas de Monitoramento e Alarmes, Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC), painéis de monitoramento de incêndio e gás, painéis de parada de emergência, e assim dezenas de monitores e painéis ocupam

o passado levando ao Oficial de Náutica se especializar e operar cada vez mais equipamentos.

O Sistema de Gerenciamento de Energia tem como principais funções:

- Exibir o estado dos diferentes quadros de distribuição de energia e seus disjuntores;
- Controle para abertura e fechamento dos disjuntores e alimentadores dos quadros de distribuição de energia;
- Permitir que o operador inicie a sincronização dos barramentos;
- Controlar, monitorar e receber alarmes associados aos equipamentos de geração de energia;
- Operações e monitoramento das várias funções relativas aos geradores;
- Operações e monitoramento das várias funções relativas aos geradores;
- Restauração automática de *blackout* (apagão) parcial ou total; e
- Exibir informações dos sensores dos motores, geradores, *thrusters* e outros relacionados a geração de energia, como temperatura e alarme de mal funcionamento.

Figura 10 – Tela do Sistema de Gerenciamento de Energia do sistema Converteam

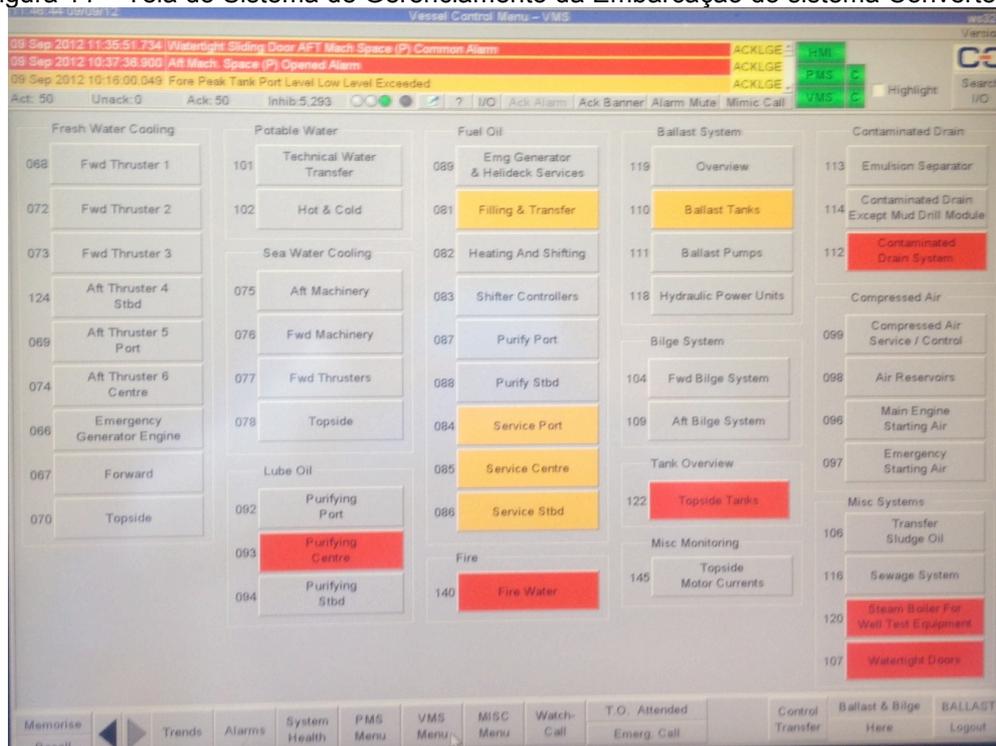


Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

O Sistema de Gerenciamento da Embarcação pode englobar uma gama ainda maior de equipamentos a serem controlados. Estes podem incluir:

- Sistemas de óleo combustível e óleo lubrificante;
- Sistemas de água potável e água industrial;
- Sistemas de água de arrefecimento;
- Lastro / deslastro;
- Sistema de esgoto, drenos e descarte sanitário;
- Sistema de monitoramento de *UPS* (fonte de alimentação ininterrupta);
- Sistema de refrigeração;
- Sistema das unidades hidráulicas;
- Sistema de ar comprimido;
- Sistema de abastecimento de aeronaves;
- Sistema de água com alta pressão;
- Sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado;
- Sistema remoto de sondagem de tanques;
- Sistema de cálculo de estabilidade;
- Sistema de água de incêndio;
- Sistema de monitoramento de incêndio, gás e parada de emergência;
- Sistema de portas estanques; e
- Sistema de monitoramento de hora de funcionamento dos equipamentos.

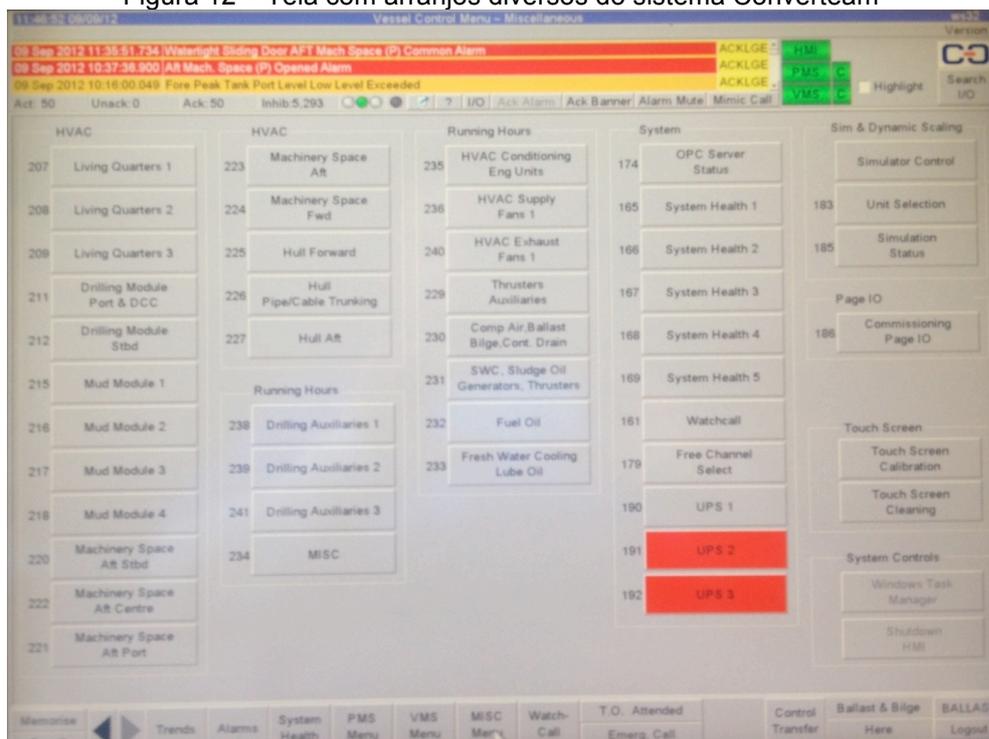
Figura 11 – Tela do Sistema de Gerenciamento da Embarcação do sistema Converteam



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

Além dos dois sistemas principais, ainda podem existir outras telas agrupadas em diferentes arranjos, como na figura abaixo:

Figura 12 – Tela com arranjos diversos do sistema Converteam



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

## **CAPÍTULO 4**

### **POSICIONAMENTO DINÂMICO E SEU IMPACTO NO PASSADIÇO**

Cinquenta anos atrás, um típico passadiço abrigava um timão, um telégrafo de manobras, agulha giroscópica, radiotelefone, radar, mesa de cartas e não muito mais. Hoje em dia, a situação está muito diferente, principalmente em embarcações offshore multifuncionais com posicionamento dinâmico.

Os sistemas se tornaram ainda mais complexos, existem muito mais equipamentos a serem controlados e monitorados do que existiam. Elementos antes nunca pensados passaram a ser levados em consideração, como telas sensíveis ao toque, controle da ergonomia e aparência.

Em trânsito, a navegação e informações de segurança são fundamentais.

#### **4.1 O SURGIMENTO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO**

Há muito, os derivados de petróleo fazem parte do nosso cotidiano e cada vez descobrem-me mais utilidades.

O primeiro óleo encontrado foi em terra, próximo ao Mar Cáspio e com o passar do tempo descobriu-se que esses campos de óleo estendiam-se para o mar e no começo do século XVIII o primeiro poço foi perfurado cerca de trinta metros da costa, próximo à Baku e embora não tenha sido um sucesso, foi o começo de uma era. E finalmente em 1925, o primeiro poço a produzir petróleo foi perfurado no Mar Cáspio.

Descobriu-se que os poços de petróleo na Califórnia também se estendiam para o mar, conseqüentemente os poços também foram gradualmente migrando. Os poços eram conectados a terra por piers que mediam, às vezes, mais de 400m. Não demorou muito para que estes fossem substituídos por plataformas no mar.

A instalação das plataformas era cara e ainda mais caro era movimentá-las, somando-se isso as restrições no que diz respeito à lâmina d'água (em torno de 300m) tornou-se necessário achar novas maneiras de extrair petróleo do mar. A indústria necessitava de métodos para perfurar em águas mais profundas e uma forma mais fácil e barata de movimentar as plataformas, o que gradualmente levou aos métodos de ancoragem das plataformas e navios de perfuração.

No entanto, os sistemas de ancoragem tinham seus pontos fracos e o navio ou a plataforma ficava exposta aos movimentos gerados pelas ondas, ventos e correntes, além do fato que perfurar nestas profundidades exigia muitos equipamentos (como guinchos, âncoras, cabos de aço, etc). Com isso, as embarcações usando este tipo de sistema perdiam grande parte da sua capacidade de manobra.

O primeiro sistema de posicionamento dinâmico foi usado em 1957 em conexão com o projeto americano Mohole. A profundidade era de 4500m e era muito profundo para os sistemas de ancoragem existentes.

Foram instalados quatro *thrusters* a bordo da barcaça, "CUSS 1"; a posição em relação ao fundo do mar era encontrada por meio de um transmissor que foi instalado e transmitia sinais para a barcaça (como um sistema de referência hidro acústico) a qual possuía um visor onde se podia ler a posição em relação ao transmissor; e, além disso, foram instaladas quatro bóias ancoradas ao redor da embarcação, as quais transmitiam sinal rádio para o radar a bordo. Usando diferentes combinações de potência e direção para as quatro propulsões era possível manter a embarcação na posição acima do poço que se estava perfurando. Em 1961, a embarcação "CUSS 1" conseguiu manter posição com a ajuda do posicionamento dinâmico em uma profundidade de 948m. Algum tempo depois, a embarcação fez cinco perfurações na profundidade de 3560m, mantendo a posição dentro de um raio de 180m.

Figura 13 – “CUSS 1”, primeira embarcação com posicionamento dinâmico

Photographs of (left) an outboard motor used for dynamic positioning on CUSS I and (right) CUSS I at sea. Basalt was reached on April 1, 1961 at the Experimental Mohole test site near Guadalupe Island, Mexico.

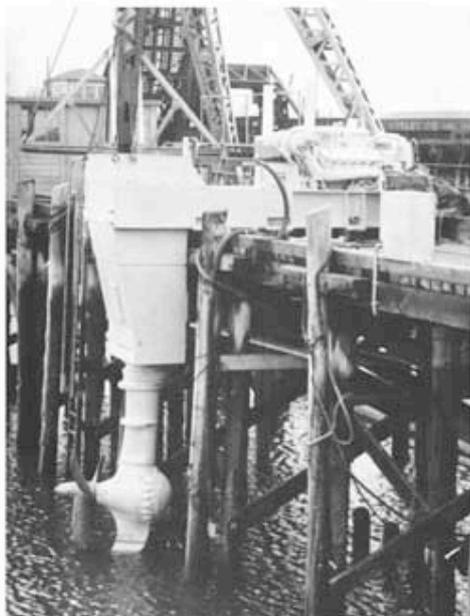


PLATE V Harbormaster 250-hp diesel-powered outboard motor, similar to those which will be used to power CUSS I during the experimental drilling. The engine is fixed but shaft and propeller can turn to exert thrust in any direction.



PLATE VI CUSS I during the Guadalupe Island experiments, April 1961. It successfully held position and, for the first time, drilled into the deep-sea floor.

*from Bascom (1961) A Hole in the Bottom of the Sea*

Fonte: <http://www.mantleplumes.org/50-YrAnniversary.html>. NATLAND, James H. Ago, 2012

## 4.2 A AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

Nasce então a ideia de desenvolver uma unidade de controle automático para cuidar do DP (Posicionamento Dinâmico).

Em 1961, foi lançado o navio de perfuração “EUREKA”, que utilizava um controlador analógico que recebia informações de um sistema de referência de posição e um equipamento para automatizar os comandos dos *thrusters*, desenvolveu-se assim o primeiro navio verdadeiramente equipado com DP. Em 1964, outra embarcação, “CALDRILL 1”, foi entregue com um equipamento similar a bordo. E ambos os projetos foram um sucesso. O sistema de referência usado eram dois *taut wires*.

Figura 14 – “Eureka”, primeiro navio verdadeiramente equipado com DP



Os franceses acompanhavam tudo de perto, e em 1963 os dois primeiros navios franceses posicionados dinamicamente (Salvor e Terebel) estavam lançando linhas no Mediterrâneo.

Alguns anos mais tarde, a aventura do petróleo começou no Mar do Norte, e Noruega e Reino Unido se interessaram pelo posicionamento dinâmico.

O sistema de posicionamento dinâmico mudou bastante desde o “CUSS 1” em 1961, pois apesar de ter sido desenvolvido a princípio para a perfuração e para o lançamento de linhas, hoje em dia é usado para diferentes tipos de operação. Estes sistemas se comparados aos atuais, eram extremamente simples, utilizando controladores analógicos, sem redundância e desprovidos de um sistema de compensação dos esforços ambientais. Porém, somente em 1977, após o lançamento da SS Uncle John, é que os franceses e americanos batizaram o sistema como Posicionamento Dinâmico.

Antes do aparecimento do sistema de posicionamento dinâmico, para se manter uma embarcação em uma determinada posição, utilizava-se o sistema de propulsão. À medida que o operador observava um afastamento da posição desejada, este acionava cada *thruster* e propulsor individualmente, porém manter uma embarcação na posição manualmente era uma tarefa muito trabalhosa.

Até hoje os princípios básicos são os mesmos, porém o desenvolvimento foi explosivo quando se trata da operação do sistema e da tecnologia propriamente dita, o sistema se tornou muito mais confiável e seguro. Com a evolução do sistema, todos os *thrusters* e propulsores passaram a poder ser controlados por um sistema que os integrasse em um só, em forma de *joystick*. Com isto a tarefa de manter o

posicionamento se tornou muito mais fácil, contudo ainda era difícil corrigir a posição a todo instante em que fosse observado um afastamento. Somente com o desenvolvimento dos computadores e dos sistemas de referência de posição tornou-se possível o sistema de posicionamento totalmente automático.

A primeira plataforma DP a operar no Brasil foi a Sedco 471, em 1978. Logo em seguida, no ano de 1980, veio a Ben Ocean Lancer, Pelerin (1981), Pecten (1982) e Sedco 472 (1982) e não pararam mais de chegar plataformas. Mais recentemente com a descoberta do Pré-Sal, plataformas semi-submersíveis, navios sonda, embarcações de apoio e embarcações especiais cada vez mais modernas tem surgido e junto com elas a exigência de um Oficial cada vez mais bem preparado e versátil.

Figura 15 – Um dos primeiros consoles de Sistema de Posicionamento Dinâmico desenvolvido pela Kongsberg – Albatross ADP311



Fonte: Arquivo da Autora – Museu Marítimo de Aberdeen, Escócia

### 4.3 O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO E SEUS DIVERSOS COMPONENTES

O sistema de Posicionamento Dinâmico é um sistema computadorizado que permite posicionamento automático e controle do aproamento da embarcação, onde os valores-alvo para a posição e o aproamento são especificados pelo operador e processados por um computador que fornece sinal de controle de propulsão para os *thrusters* e propulsores da embarcação. O sistema sempre aloca o impulso ideal para qualquer unidade de propulsão que esteja em uso.

Para controlar o aproamento da embarcação, o sistema usa dados de uma ou mais agulhas giroscópicas, enquanto pelo menos um sistema de referência de posição (como GPS, sistema hidroacústico ou taut wire) permite que o sistema posicione a embarcação. Desvios de aproamento ou da posição requeridos são automaticamente detectados e os ajustes são feitos imediatamente pelo sistema. Sem um sistema de referência de posição, o sistema de posicionamento pode proporcionar estabilização automática e controle do aproamento da embarcação usando a agulha giroscópica como referência. Esta estabilização automática e o controle do aproamento, só são possíveis porque o sistema de posicionamento dinâmico é baseado em um modelo matemático do navio, que contém suas informações hidrodinâmicas. O modelo matemático usa as características do navio e as forças aplicadas calculando então a velocidade, posição estimada e aproamento. Como este modelo não é totalmente preciso, utiliza-se a técnica do “Filtro Kalman”, onde as informações são continuamente atualizadas com informações dos sistemas de referência de posição e das agulhas giroscópicas, sendo assim, elas são comparadas e obtém-se uma diferença e os erros são filtrados. Em conjunto, o modelo matemático e o Filtro Kalman proporcionam uma grande redução nos erros das posições e aproamentos, além de permitirem que não haja nenhum efeito imediato no posicionamento da embarcação quando na perda dos sistemas de referência de posição, pois o modelo continua gerando posições estimadas, que com o tempo vão se degradando, mas que inicialmente são bastante precisas.

O sistema também proporciona controle manual pelo *joystick* que pode ser usado para controle manual de todos os eixos ou controle combinado manual/automático.

O sistema também inclui estratégias de controle, que podem reduzir o consumo de combustível e gases prejudiciais ao efeito estufa.

O sistema de posicionamento dinâmico quando totalmente operacional deve ser capaz de manter a embarcação na posição requerida, com o mínimo de excursão dos movimentos, enquanto trabalha e prover o operador de informações adequadas quando qualquer mudança no estado do sistema de posicionamento dinâmico ocorrer devido ao mau funcionamento, mudança de condição meteorológica ou ação do operador.

O sistema é dividido em três classes:

- Classe 1 – no caso de uma falha simples a embarcação pode perder posição;
- Classe 2 – no caso de um ponto simples de falha em qualquer componente ou sistema, a embarcação não deve perder posição, onde o critério de ponto simples de falha inclui: qualquer componente ativo ou sistema (como geradores, propulsores, chaves, válvulas de controle à distância, etc.) e qualquer componente estático (como cabos, dutos, válvulas manuais, etc.) que não sejam certificados com respeito à proteção e confiabilidade. Os sistemas devem ser redundantes.
- Classe 3 – no evento de um ponto simples de falha incluindo incêndio e alagamento, a embarcação não deve perder posição. Além do descrito para a Classe 2, esta classe, conta com componentes localizados em compartimento a prova de fogo e estanque.

O sistema é constituído de sensores (agulha giroscópica, anemômetro e VRS ou MRU), sistemas de referência de posição (DGPS, DARPS, Hidroacústicos, *Taut wire*, Artemis, Fanbeam, Cyscan, etc), *thrusters* e propulsores, geradores e fontes de alimentação ininterrupta (UPS), painéis de controle e unidade de controle. A unidade de controle recebe as informações dos componentes mencionados anteriormente, processa e calcula a potência necessária para manter o posicionamento e o aproamento da embarcação e em qual direção esta potência deverá ser aplicada. Este cálculo é convertido em sinais que são enviados aos

*thrusters* e que farão o movimento necessário para posicionar a embarcação dinamicamente.

Figura 16 – Moderno Sistema de Posicionamento Dinâmico com três Estações de Trabalho –  
Converteam



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

Figura 17 – Sistema de Referência de Posição Hidroacústica (Sonardyne) e DGPS (Veripos)



Fonte: Arquivo da Autora – D/S Norbe IX

#### 4.4 O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO E O IMPACTO NO PASSADIÇO

O sistema de posicionamento dinâmico pode ser definido como um sistema de posicionamento automático baseado em computadores, porém a parte mais importante do sistema é o operador, pois é este quem decide como o sistema deve operar e em caso de mudança ou falha, o mesmo decidirá o que fazer. O operador é uma peça fundamental do sistema.

E se por um lado o sistema de posicionamento dinâmico possibilitou que novas operações fossem realizadas e trouxe muito mais segurança, precisão e conforto nas operações, além de vantagens comerciais, por outro lado acarretou em enormes mudanças no passadiço e na vida do oficial moderno. Os sistemas se tornaram mais complexos, sofisticados e existem muito mais equipamentos a serem controlados e monitorados do que existiam. O passadiço tornou-se um ambiente repleto de painéis, monitores, botões, indicadores, alarmes e seletores.

Com a proliferação crescente do uso e desenvolvimento dos sistemas de posicionamento dinâmico, o Oficial teve de se modernizar, se atualizar e tem de se esforçar continuamente para se refinar cada vez mais. As mudanças resultantes afetaram a todos relacionados à navegação, controle, geração de energia e propulsão.

O efeito da interação humana é fator fundamental para as operações com o sistema de posicionamento dinâmico, sendo assim, a necessidade de estudos e treinamentos tornou-se vital.

A International Marine Contractors Association (IMCA) desenvolveu estudos sobre o elemento humano como tema propriamente dito e quando na mudança de tecnologia em um ritmo acelerado.

Com a evolução dos sistemas de navegação e o controle, a geração de energia e os sistemas de propulsão mais eficientes e confiáveis, tende-se a achar as operações de DP mais fáceis e que esta requer menos *expertise*, mas como em qualquer nova tecnologia, para ser capaz de usá-la com segurança, precisa-se entendê-la.

O fato é que há a necessidade de novos treinamentos e procedimentos a serem implementados, o número de pessoal envolvido nas operações teve de ser reajustado e ainda há muito a ser feito em relação à conscientização para que o Oficial não se torne excessivamente confiante no sistema.

## **CAPÍTULO 5**

### **O FATOR HUMANO**

O termo “fator humano” é derivado de um estudo comportamental e da performance em relação ao ambiente de trabalho e, embora a indústria da aviação seja muito mais nova, ela ultrapassou a indústria marítima nesta área e, somente nas últimas décadas, a indústria marítima começou a se preocupar com o assunto. Temos de levar em consideração que os navegantes são seres humanos e não são perfeitos.

Novas tecnologias estão sendo adicionadas ao passadiço a um ritmo notável, mas infelizmente nem sempre as necessidades dos usuários são levadas em consideração quando as inovações tecnológicas são introduzidas. A tecnologia alterou o papel do navegante, contudo, apesar das mudanças no papel deste, é imperativo afirmar que é o operador que move o navio. E não importa quão tecnologicamente avançada a embarcação seja, a intervenção humana será sempre a parte mais importante. Atualmente ao invés de realizar as tarefas, o navegante deve monitorá-las intervindo apenas em situações complexas em que o processo automático não pode prover uma solução. Compete ao navegante reconhecer, interpretar, compensar e corrigir as consequências das deficiências e do mau funcionamento dos equipamentos.

Com a automatização do passadiço, os sistemas ficaram cada vez mais complexos e sofisticados, com isso o risco de acidentes relacionados à automação também aumentam. Em muitos artigos, pode-se ler sobre estatísticas de acidentes no mar, apontando que cerca de 60 a 80% são devidos ao fator humano.

Em 1997, o Clube P&I relatou que o erro humano dominou as causas subjacentes às principais reivindicações de seguros correspondendo a 58% dos casos. O mesmo estima que, no período de 2000 a 2010, as reivindicações tenham custado 15 bilhões de dólares, o que significa em torno de 4 milhões de dólares por dia. Mais de 65% desse valor – surpreendentes quase 10 bilhões de dólares – foram para acidentes cujo papel principal era do ser humano.

Segundo um estudo realizado pela Sociedade Classificadora ABS, que analisou casos relatados pela Secretaria de Segurança dos Transportes Australiana

(ATSB), pelo Conselho de Segurança dos Transportes do Canadá (TSB Canada) e pela Divisão de Investigação de Acidentes Marítimos do Reino Unido (MAIB), mais de 80% dos casos está ligado ao erro humano. De acordo com dados da MAIB, 82% estão diretamente associados com a ocorrência de erro humano, em comparação com 85% dos casos apresentados pela ATSB e 84%, de acordo com a TSB Canada.

Nas tabelas abaixo será possível visualizar estas porcentagens relacionadas às falhas humanas.

Tabela 2 – Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos da ATSB

Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos da ATSB

Grupo Consciência situação	Avaliação da Situação e Consciência	15
	Conhecimento, Competência e Habilidade	13
	Comissionamento	2
	Total	30
Grupo de Gerenciamento	Fadiga	3
	Comunicação	4
	Gerenciamento de Recursos do Passadiço	5
	Procedimentos	5
	Tripulação	2
	Gerenciamento de Negócios	3
	Passagem de Serviço	5
Total	27	
Grupo de Risco	Tolerância ao Risco	5
	Vigilância da Navegação	3
	Complacência	3
	Abuso de Substância	1
	Omissão de Tarefa	16
	Falha na Vigilância	5
Total	33	
Manutenção	Falha Humana	3
	Total	3
Grupo de Falha Não Humana	Perigo à Navegação não Cartografado	1
	Falha de Material	6
	Condição Meteorológica	4
	Causa Desconhecida	5
Total	16	

Causas Totais Identificadas:	109
Falhas Mecânicas, etc:	16
Porcentagem relacionada a Falha Humana	85%

Fonte: Baker, Clifford C.; Seah, Ah Kuan. Maritime Accidents and Human Performance: the Statistical Trail. Cingapura: Martech, 2004. Tradução: Malafaia, Carla C.

Tabela 3 – Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos do TSB Canada  
 Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos do TSB  
 Canada

Grupo Consciência situação	Avaliação da Situação e Consciência	29
	Conhecimento, Competência e Habilidade	13
	Comissionamento	1
	Total	43
Grupo de Gerenciamento	Fadiga	7
	Gerenciamento do Passadiço/Comunicação	18
	Procedimentos	5
	Tripulação	1
	Gerenciamento de Negócios	14
	Passagem de Serviço	0
	Fadiga	7
Total	52	
Grupo de Risco	Tolerância ao Risco	10
	Vigilância da Navegação	10
	Complacência	14
	Abuso de Substância	2
	Omissão de Tarefa	13
	Falha na Vigilância	5
Total	54	
Manutenção	Falha Humana	12
	Falha de Projeto	6
	Erro de Inspeção	5
	Total	23
Grupo de Falha Não Humana	Perigo à Navegação não Cartografado	4
	Falha Mecânica / de Material	10
	Condição Meteorológica	15
	Causa Desconhecida	3
	Total	32

Causas Totais Identificadas: 204  
 Falhas Mecânicas, etc: 32  
 Porcentagem relacionada a Falha Humana 84%

Fonte: Baker, Clifford C.; Seah, Ah Kuan. Maritime Accidents and Human Performance: the Statistical Trail. Cingapura: Martech, 2004. Tradução: Malafaia, Carla C.

Tabela 4 – Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos da MAIB

## Causas de Acidentes por Agrupamentos de Dados Qualitativos da MAIB

Grupo Consciência situação	Avaliação da Situação e Consciência	16
	Conhecimento, Competência e Habilidade	3
	Comissionamento	3
	Total	22
Grupo de Gerenciamento	Fadiga	4
	Gerenciamento do Passadiço/Comunicação	7
	Procedimentos	1
	Tripulação	4
	Gerenciamento de Negócios	2
	Passagem de Serviço	1
	Interface Homem-Máquina	1
Total	20	
Grupo de Risco	Tolerância ao Risco	4
	Vigilância da Navegação	5
	Complacência	5
	Abuso de Substância	1
	Omissão de Tarefa	7
	Falha na Vigilância	7
Total	29	
Manutenção	Falha Humana	1
	Falha de Projeto	0
	Erro de Inspeção	0
	Total	1
Grupo de Falha Não Humana	Perigo à Navegação não Cartografado	0
	Falha de Material	4
	Condição Meteorológica	7
	Causa Desconhecida	5
	Total	16

Causas Totais Identificadas: 88

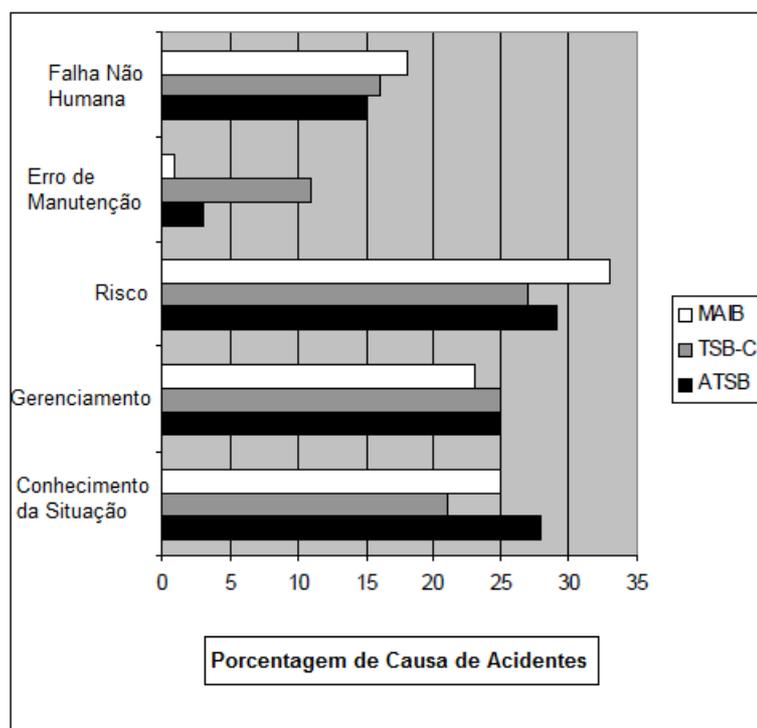
Falhas Mecânicas, etc: 16

Porcentagem relacionada a Falha Humana 82%

Fonte: Baker, Clifford C.; Seah, Ah Kuan. Maritime Accidents and Human Performance: the Statistical Trail. Singapura: Martech, 2004. Tradução: Malafaia, Carla C.

Tabela 5 – Porcentagem de Causa de Acidentes por Grupo Qualitativo

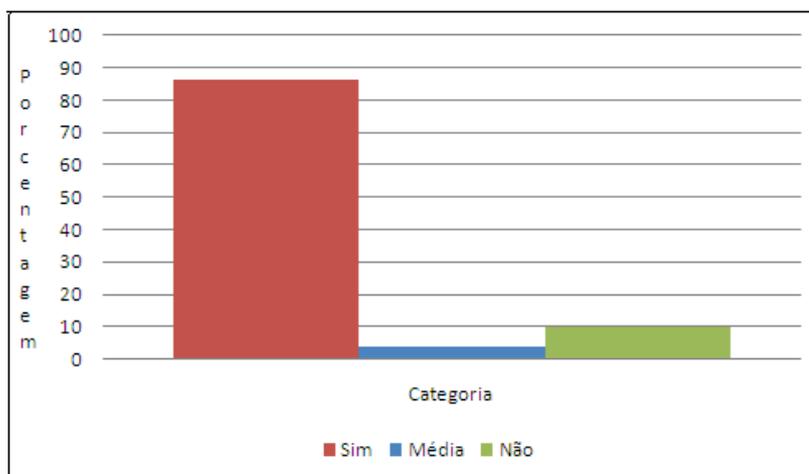
**Porcentagem de Causa de Acidentes por Grupo Qualitativo segundo dados da MAIB, TSB Canada e ATSB**



Fonte: Baker, Clifford C.; Seah, Ah Kuan. Maritime Accidents and Human Performance: the Statistical Trail. Cingapura: Martech, 2004. Tradução: Malafaia, Carla C.

Segundo um estudo para a tese de doutorado do Capitão Nalaka Jayakody, MSc, realizado entre julho e dezembro do ano de 2008 com 214 marítimos (entre estes 98% homens e 2% mulheres entre 20 e 60 anos), onde 135 são Oficiais de Náutica e 79 são Oficiais de Máquinas e publicado pelo Instituto Náutico, revela que 86% aceita o fato da nova tecnologia facilitar o trabalho, enquanto 10% discorda e 4% aceita a nova tecnologia até certo ponto. Este fato pode ser visualizado na tabela 6.

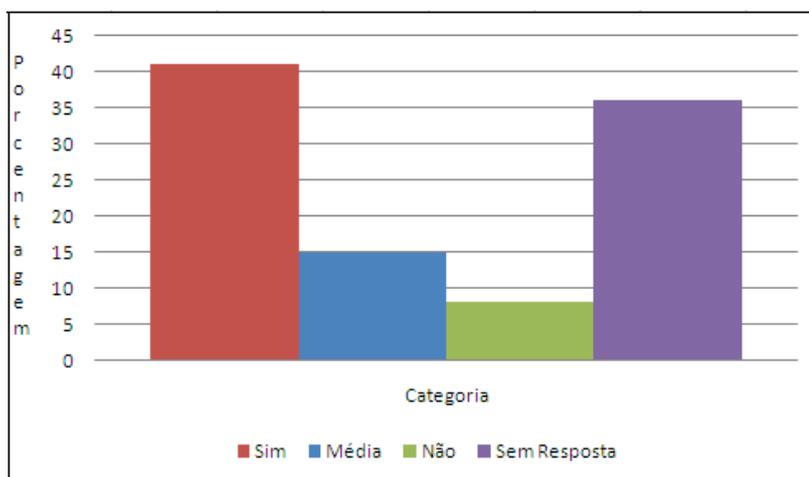
Tabela 6 – Nova Tecnologia e Facilidade das Tarefas a Bordo



Fonte: The Nautical Institute. Seaways. Nov, 2009. (Capitão Nalaka Jayakody, 2008)

Em contrapartida, neste mesmo estudo, foi constatado que 41% sentem-se altamente confiantes na operação de novos sistemas tecnológicos, 15% sentem-se razoavelmente confiantes e 8% não sentem nenhuma confiança. Surpreendentemente 36% optaram por não responder. Vide tabela 7.

Tabela 7 – Autoconfiança na Operação de Novos Sistemas Tecnológicos



Fonte: The Nautical Institute. Seaways. Nov, 2009. (Capitão Nalaka Jayakody, 2008)

De acordo com um estudo realizado pelo Instituto Náutico para uma conferência sobre os Sistemas de Passadiço Integrado e o Elemento Humano, realizado em Londres no ano de 2003, quatro tendências são preocupantes nas estatísticas de acidentes:

- Fadiga;

- Tendência crescente para alguns navegantes a tornarem-se dependentes de sistemas eletrônicos com pouca atenção para a vulnerabilidade desses sistemas em termos de precisão, confiabilidade, disponibilidade e integridade;
- A tecnologia não pode mitigar a propensão do navegante moderno em esquecer-se de fazer verificações visuais e de familiarizar-se com a área em que está operando, com a referência de auxílios visuais; e
- Muitas vezes os relatórios de acidentes indicam que, na hora do encalhe, o ecobatímetro estava desligado.

Em uma embarcação, o elemento humano é fator fundamental e pode oferecer um olhar clínico para as dificuldades à frente, respostas eficientes para as situações conforme elas se desenvolvem e todas aquelas qualidades inestimáveis conhecidas como boa marinharia, ou pode ser frágil, carente de competência, habilidade e concentração.

Os benefícios da automatização são extraordinários e inegáveis. Com ela nos tornamos mais eficientes em nossas atividades e podemos realizar tarefas que antigamente eram muito demoradas em velocidades surpreendentes. Todavia, enquanto a automatização pode aumentar a eficiência, a mesma altera o papel da pessoa que opera o sistema afetado por ela. E se por um lado a automatização pode ser extremamente benéfica, o Oficial de Náutica pode vir a confiar excessivamente nas habilidades dos sistemas e assim deixar de verificar a veracidade da informação através de outros meios.

Pesquisas sobre a interação do ser humano com sistemas automáticos mostram que, quando o sistema é preciso e confiável, as pessoas tendem a acreditar e depender cada vez mais dele. Ao longo do tempo, as pessoas geralmente falham em perceber quando a automatização se torna imprecisa, independentemente da razão para tal.

Os projetistas de sistemas automatizados fizeram dos avisos e alarmes de anomalias do sistema uma parte essencial do projeto, porém ainda se faz necessário exigir que os Oficiais regularmente verifiquem as informações dos sistemas, para evitar o excesso de confiança. Treinamentos para reconhecer e diagnosticar anomalias do sistema antes que eles requeiram atenção imediata é imprescindível. Os operadores devem estar sempre preparados para utilizar os sistemas no manual, contudo, a realidade é que quanto mais as pessoas aderem à

automatização, menos proficientes elas se tornam nas habilidades manuais que foram substituídas por esta.

As habilidades fundamentais associadas à arte da navegação e à arte da comunicação devem permanecer no cerne da segurança da embarcação e na realização segura de uma navegação de sucesso. A tecnologia deve ser usada para ajudar o navegante a tomar decisões, ao invés de designar ao Oficial de Serviço de Quarto um simples papel de monitoramento. O propósito deve ser auxiliar o cérebro humano a resolver problemas, e não sobrecarregá-lo com informações desnecessárias.

Muitas vezes o lado humanístico no elemento humano é negligenciado e esquece-se que mente e corpo necessitam ser nutridos e que corpos e cérebros cansados e mentes sem treinamentos não são as marcas do mundo moderno e não beneficiam os Oficiais de Quarto de Serviço. Quando se trata de equipamentos automáticos, o operador se desliga e se o sistema começar a operar de forma inesperada, a pessoa provavelmente falhará em perceber, até que o desvio seja acentuado e no momento que se faz necessária a correção imediata, o operador encontra-se fora do “circuito”<sup>1</sup>. Quando isso acontece, no momento em que o operador precisar voltar sua atenção e controlar o sistema manualmente, antes de qualquer coisa, ele também precisará diagnosticar a razão do desvio e isso acontecerá no pior momento, quando as coisas já estarão indo mal.

Em síntese, o desenvolvimento tecnológico tem um papel importante a desempenhar na melhoria da eficiência e da segurança, entretanto a tecnologia deve preencher lacunas, e não ser usada como um operador extra.

---

<sup>1</sup> BAINBRIDGE, Lisanne. Ironies of Automation – Automatica Vol 19, No. 6, p. 775-779. Great Britain, 1983

## CAPÍTULO 6

### O CASO “ROYAL MAJESTY”

O caso do navio de passageiros panamenho Royal Majesty é muito interessante e vem a corroborar o que foi estudado nos capítulos anteriores.

Para tal, foi utilizado o Relatório do Departamento Nacional de Segurança dos Transportes (*NTSB – National Transportation Safety Board*), que é uma agência investigativa independente americana responsável pela investigação de acidentes civis com transportes. Ela é de jurisdição do Governo Federal dos Estados Unidos e investiga e relata acidentes e incidentes da aviação, certos tipo de acidentes em estradas, acidentes marítimos, incidentes com dutos e acidentes em ferrovias. Quando solicitada, a agência também auxilia o setor militar com investigação de acidentes. Esta também é a encarregada de investigação em casos de materiais perigosos liberados durante o transporte.

Figura 18 – Navio de passageiros “Royal Majesty” encalhado

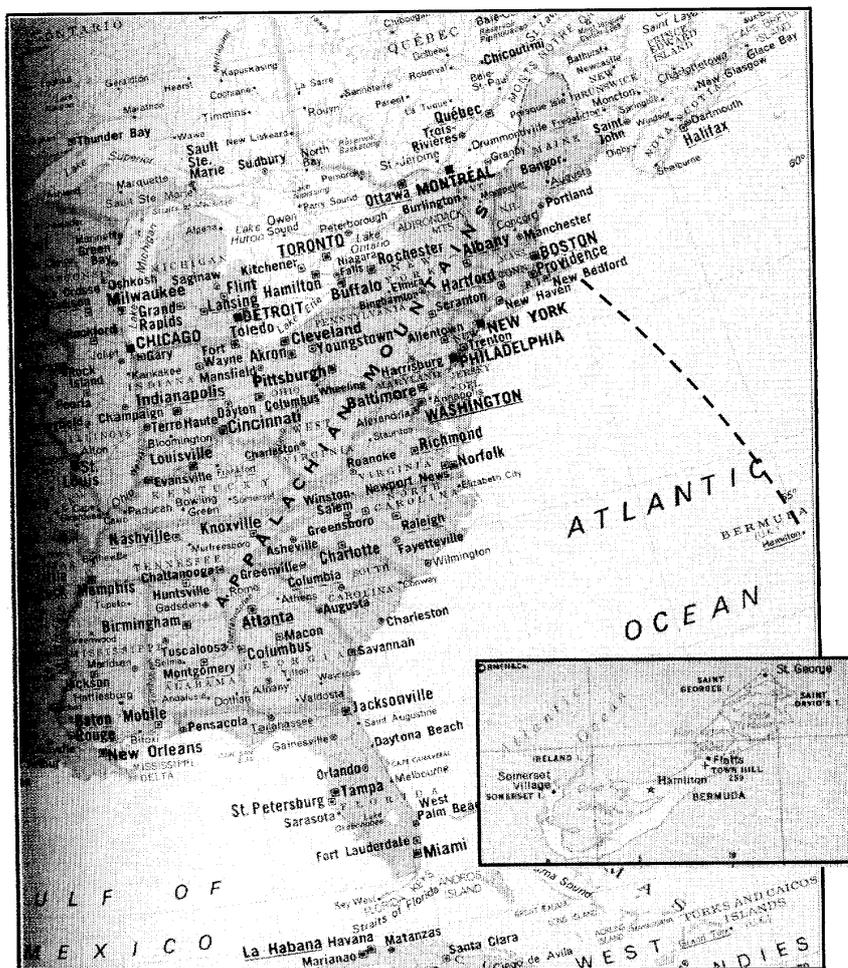


Fonte: National Transportation Safety Board. Washington DC, 1997

## 6.1 RELATÓRIO SOBRE O CASO SEGUNDO O DEPARTAMENTO NACIONAL DE SEGURANÇA DOS TRANSPORTES

No dia 10 de Junho de 1995, o navio de passageiros panamenho “*Royal Majesty*” encalhou no banco de areia “*Rose and Crown*” cerca de 10 milhas a leste da Ilha *Nantucket, Massachusetts*, e em torno de 17 milhas da posição que os Oficiais de Quarto de Serviço achavam que a embarcação estava. A embarcação com 1509 passageiros a bordo, navegava de *St George’s, Bermuda*, para Boston, Massachusetts. O acidente não acarretou em nenhuma morte ou em feridos, no entanto, os danos à embarcação e a perda de receita foram estimados em torno de sete milhões de dólares.

Figura 19 – Viagem do “*Royal Majesty*”



Fonte: National Transportation Safety Board. Washington DC, 1997

### 6.1.1 O Acidente

Logo após a saída do navio de *St. George's*, o Oficial de serviço pôs o piloto automático de modelo NACOS 25 no modo de navegação. Quando operando no modo de navegação, o piloto automático pode governar o navio em uma rota pré-determinada usando informações programadas (latitude e longitude dos pontos de guinada e as características de manobra do navio), informações da giro e do medidor de velocidade, e de posição tanto do GPS quanto do Loran-C, enquanto automaticamente compensa para o efeito do erro da giro, vento, corrente e mar. No dia do acidente, o tripulante selecionou o GPS como a fonte de informação de posição do NACOS 25, como sempre foi feito desde que o navio começou a operar.

Para compensar a possível falta de informação satélite, a unidade de GPS no "*Royal Majesty*" foi projetada para receber informação de velocidade e rumo giroscópico de forma que quando as informações de satélites do GPS não estivessem disponíveis, a unidade mudaria automaticamente para o modo *DR (Dead Reckoning* - técnica de estima da posição e rumo do navio em caso de perda temporária dos sinais de medida), no qual a informação de latitude / longitude transmitidas ao piloto automático são derivadas de cálculos de estima ao invés de informação de posição baseada em satélites. Quando a unidade do GPS mudou para o modo *DR* após a saída das Bermudas, o piloto automático não reconheceu a mudança e assim a subsequente navegação não tinha correção para os efeitos de vento e corrente.

De acordo com os registros, há evidências de que a completa interrupção de posição satélite válida ocorreu em torno de 13:11:46, uma hora depois da embarcação partir de *St. George's*. Deste ponto em diante, os registros mostram rumos alternados de 197° e 000° até a chegada em Boston, embora, na realidade, a embarcação estava mantendo um rumo de 336°. Verifica-se que uma interrupção temporária de posição satélite aconteceu às 12:52:02, em torno de 52 minutos após a embarcação ter partido das Bermudas, o rumo e a velocidade registrados eram 1997° e 12,7 nós respectivamente – o mesmo registrado posteriormente. O rumo 336° registrado às 13:09:06 era consistente com o rumo do navio naquele horário. De modo semelhante, o registro do cálculo da velocidade baseado nas informações

fornecidas pelo GPS indicaram que o último registro preciso ocorreu às 13:09:05 quando foi registrada uma velocidade de 21,3 nós. Todavia, daquele ponto em diante até a chegada da embarcação em Boston em 12 de junho, o registro continuava mostrando uma velocidade de 12,7 nós, uma velocidade inconsistente com o diário de navegação. Em resumo, o Departamento de Segurança concluiu que, cerca de 52 minutos após a partida do “*Royal Majesty*” de *St. George’s*, a conexão do cabo da antena do receptor do GPS foi desconectada o suficiente para que o GPS mudasse para o modo *DR*, e o piloto automático, que não era programado para detectar a alteração do modo e o estado de pulsos inválidos, não mais corrigiu o rumo para os efeitos de vento, corrente ou mar. Ao longo do tempo, os efeitos do vento leste-nordeste e do mar colocaram o “*Royal Majesty*” em uma direção oeste-sudoeste, e longe de sua rota pretendida, resultando em um erro de 17 milhas. Outra evidência veio de uma transcrição da Guarda Costeira de transmissões de rádio de dois pescadores que estavam nas proximidades do banco “*Fishing Rip*” na noite de 10 de junho e viram um grande navio de passageiros a cerca de 16 milhas a oeste da zona de tráfego de Boston.

A investigação determinou que a antena do GPS, que originalmente tinha sido instalada no mastro do radar, foi movida em fevereiro de 1995, alguns meses antes do encalhe numa tentativa de eliminar o sinal intercortado. Um exame no cabo da antena do GPS mostrou que o mesmo foi passado de forma que alguém poderia chutar ou tropeçar nele, o que poderia separar o cabo da conexão. De fato, não pode ser determinado se a antena do GPS falhou como resultado de um tripulante inadvertidamente danificar enquanto fazia alguma rotina de manutenção, como resultado do tropeção de um tripulante no cabo ou como resultado de outros fatores desconhecidos. Não obstante, o Departamento de Segurança concluiu que passar o cabo da antena do GPS em uma área onde alguém pudesse ocasionalmente passar aumentou os riscos de dano ao cabo e conexões. O Departamento de Segurança acredita, portanto, que para diminuir o risco de dano, a “*Majesty Cruise Line*” deve eliminar a prática de passar cabo de equipamentos de navegação em área de passagem e que o Conselho Internacional de Linhas de Cruzeiros deva encorajar seus membros a fazer o mesmo.

### 6.1.2 Performance do Oficial de Quarto de Serviço

A falha da tripulação em detectar o erro de navegação por mais de 34 horas levanta sérias preocupações em relação a performance do Oficial de Quarto de Serviço e do Comandante. Nenhum dos três oficiais e nem o Comandante perceberam que o GPS mudou para o modo *DR* ou que o “*Royal Majesty*” estava em um rumo errado durante a viagem. Além disso, o Imediato e o Primeiro Oficial, que tiraram os dois últimos quartos de serviço antes do navio encalhar, falharam em reconhecer que o “*Royal Majesty*” estava no rumo errado apesar das diversas indicações de que a embarcação não estava na trajetória planejada.

A investigação, por consequência, examina os eventos que levaram ao acidente desde o momento que o “*Royal Majesty*” parte de *St. George’s*, incluindo a inspeção dos equipamentos e a configuração do alarme do fatômetro. A investigação também examina as práticas de serviço dos Oficiais e sua falta de resposta para várias indicações de que a embarcação não estava seguindo o rumo desejado, incluindo a observação de luzes encarnadas, a falha em avistar a boia e a observação da coloração da água.

### 6.1.3 Efeitos da Automatização na Performance do Oficial de Quarto

As inovações da tecnologia nos levaram ao uso de sistemas automatizados extremamente avançados em embarcações modernas. Todavia, a automatização do passadiço, mudou o papel do Oficial de Quarto em uma embarcação, se antes ele tinha de ser pró-ativo na obtenção de informações meteorológicas para usá-las no controle da embarcação, hoje ele encontra-se fora do círculo de controle e passou a apenas monitorar o estado e a performance dos sistemas. Como resultado deste monitoramento passivo, os tripulantes do “*Royal Majesty*” perderam diversas oportunidades de identificar que o GPS estava transmitindo em modo *DR* e que a embarcação estava desviando de sua rota pretendida. Monitoramento ineficaz de equipamentos sofisticados não é uma

novidade e vários acidentes na área da aviação aconteceram quando os pilotos falharam ao monitorar os instrumentos de voo durante voos automatizados. Outrossim, pesquisas empíricas no monitoramento da automatização mostraram que humanos são monitores medíocres de sistemas automatizados.<sup>2</sup> O problema de um monitoramento pobre de sistemas automatizados já era conhecido pelo fabricante do sistema NACOS 25 e constava em seu manual que os operadores podem falhar no monitoramento.

A investigação da agência também constatou que os Oficiais falharam no uso de alternativa independente para verificar a posição do “*Royal Majesty*”. Uma pesquisa sobre a performance de monitoramento de operadores sugere que a confiabilidade em sistemas automatizados<sup>3</sup> pode ter afetado a verificação da informação de posição do GPS pelos Oficiais. O sistema de navegação tinha provado ser altamente confiável e preciso, assim os Oficiais acreditavam que o GPS era melhor do que qualquer outro método de se obter posição a bordo e de qualquer forma, os procedimentos de quarto de serviço e ordens do Comandante não incluíam nenhum mecanismo eficaz de comparação de posição. O Departamento de Segurança concluiu então que os Oficiais do “*Royal Majesty*” podem ter acreditado no GPS por ele ter demonstrado confiabilidade suficiente por três anos e meio, com isso a prática tradicional de usar pelo menos duas fontes independentes de informação de posição não se viu necessária.

Após falhar em reconhecer que o modo do GPS tinha mudado, os Oficiais de Quarto tiveram inúmeras oportunidades de detectar que a embarcação estava derivando da rota desejada. A falha pode ser explicada pela forma convincente como a informação de posição era exibida, pois a informação fornecida pelo NACOS 25 no monitor do ARPA era uma figura proeminente do “*Royal Majesty*” no rumo e aparentemente precisa. Pesquisas sobre tomadas de decisão mostram que pistas que são mais proeminentes, como a fornecida, tendem a influenciar os operadores quando fazem diagnósticos.<sup>4</sup> E assim, os Oficiais confiaram plenamente nas informações exibidas e o Departamento de Segurança concluiu que todos os Oficiais

---

<sup>2</sup> (a) Parasuraman, R.; Molloy, R.; Singh, I. “The performance consequences of automation-induced complacency.” *The International Journal of Aviation Psychology*. 1993. 3(1): 1-23. (b) Kessel, C. J.; Wickens, C. D. “The transfer of failure-detection skills between monitoring and controlling dynamic systems.” *Human Factors*. 1982. 24(1), 49-60.

<sup>3</sup> Mosier, K. L., Skitka, L. J., and Heers, S. T. Automation and Accountability for Performance. In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, OH: The Ohio State University, 1995.

<sup>4</sup> Wickens, C. D. *Engineering Psychology and Human Performance*. Columbus, Ohio: Merrill. 1984.

foram demasiadamente confiantes na posição exibida pelo NACOS 25 e navegaram confiando no mapa ao invés de usar outros auxílios a navegação ou auxílios visuais.

Não obstante os méritos de sistemas avançados de alta tecnologia de navegação, o Departamento de Segurança não considera a automatização dos sistemas de navegação do passadiço como meio exclusivo de navegação, nem acredita que painéis eletrônicos devam substituir auxílios à navegação verificáveis visualmente e marcas. O operador deve ter a responsabilidade primária pela navegação, devendo o mesmo manter vigilância nos sistemas automatizados e exercitar seu julgamento sobre quando intervir manualmente.

Como mostra o encalhe do “*Royal Majesty*”, sistemas automatizados a bordo, como o Sistema de Passadiço Integrado e o GPS, podem ter uma profunda influência na performance do Oficial de Quarto.

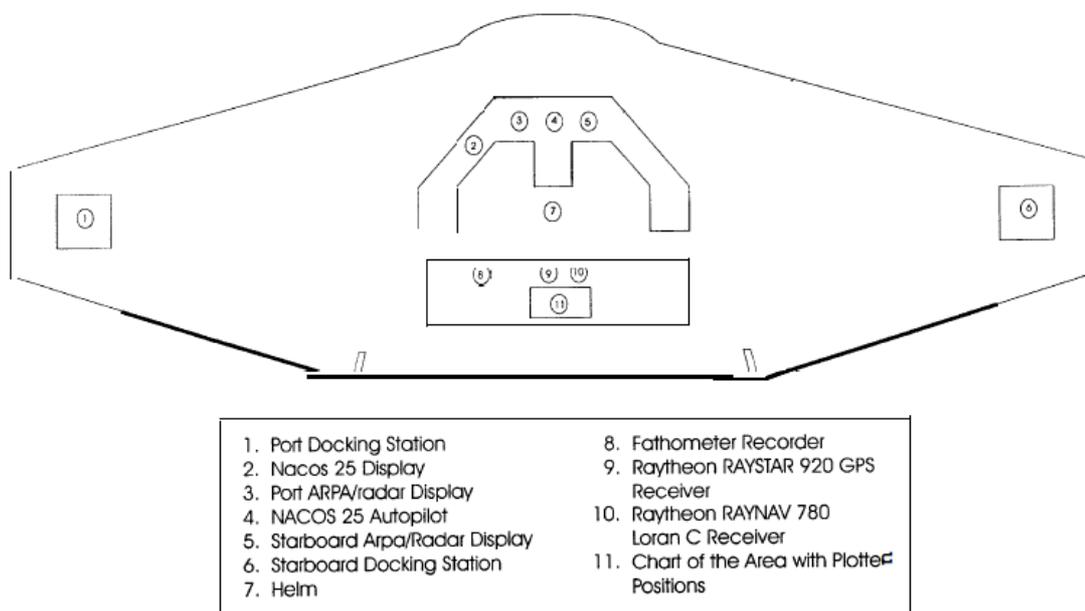
#### **6.1.4 Arranjo do Sistema de Passadiço Integrado e Localização**

O desempenho dos Oficiais de Quarto durante a viagem e as circunstâncias que levaram ao encalhe estavam ligadas a várias deficiências no projeto dos equipamentos e na estrutura do sistema que induziram ao erro.

O Sistema de Passadiço Integrado não indicava no console central que o sistema de navegação tinha mudado para o modo *DR* e como a maioria das atividades da navegação eram realizadas no console central do “*Royal Majesty*” os Oficiais permaneciam sentados próximo ao console durante a maior parte do quarto de serviço executando suas tarefas e manobras. No entanto, componentes chaves do sistema foram instalados em outro lugar, assim sendo, o Oficial teria de deixar a área do console para realizar tarefas de monitoramento.

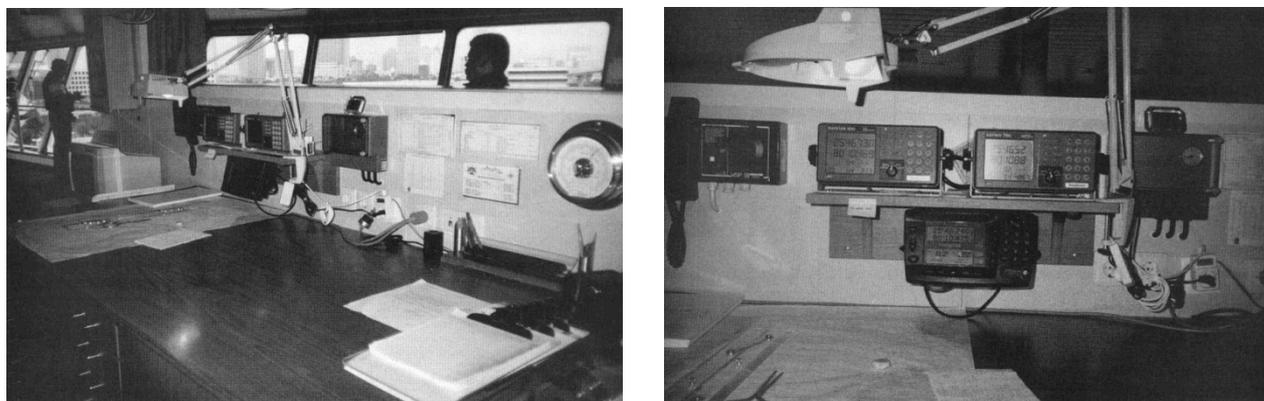
O Departamento de Segurança concluiu que como os Oficiais devem verificar a operação de equipamentos frequentemente, fontes alternativas de equipamentos críticos ou repetidoras devem ser instalados diretamente no console central. Se o alarme do GPS tivesse sido instalado ou se o alarme tivesse exigido que seu usuário o silenciasse, os Oficiais teriam sido alertados do problema com a antena do GPS logo após a saída de *St. George's*.

Figura 20 – Passadiço do “Royal Majesty”  
Forward



Fonte: National Transportation Safety Board. Washington DC, 1997

Figura 21 – Duas vistas da localização do GPS e Loran-C



Fonte: National Transportation Safety Board. Washington DC, 1997

### 6.1.5 Integração de Sistemas Humanos

Treinamentos inadequados ou fatores humanos medíocres são muitas vezes o resultado da aplicação de uma filosofia centrada na tecnologia em sistemas

automatizados.<sup>5</sup> Esta abordagem procura substituir as funções dos navegantes por máquinas, sem levar em consideração a capacidade dos navegantes e suas limitações, resultando em deixar o navegante fora do controle significativo ou da participação ativa na operação da embarcação. Já a filosofia centrada no ser humano identifica o navegante como o elemento central na operação da embarcação, conseqüentemente a filosofia enfatiza utilizar plenamente a capacidade humana e protege as limitações humanas.

Vários padrões e diretrizes foram produzidos para garantir que os fatores humanos sejam abordados nos projetos dos sistemas, reduzindo o potencial de erro humano. Estes padrões abordam comportamentos relacionados a automatização e especificam parâmetros de projeto que mantêm as características operacionais dos sistemas dentro das capacidades físicas e cognitivas dos seres humanos. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos e a Administração Espacial e Aeronáutica Nacional dos EUA reconheceram há tempos a importância da abordagem de fatores humanos do projeto dos sistemas, no desenvolvimento e publicaram relevantes padrões e diretrizes para a engenharia humana.<sup>6</sup>

Outros setores da indústria marítima incorporaram o fator humano rotineiramente na engenharia de projetos, porém muitos setores deram pouca ou nenhuma importância a isso, conseqüentemente o potencial para causar comportamento de erro relacionado a esses sistemas não tem sido bem tratado pela indústria naval.

## **6.2 CONCLUSÃO DO CASO SEGUNDO O DEPARTAMENTO NACIONAL DE SEGURANÇA DOS TRANSPORTES**

1 – As condições meteorológicas, a condição mecânica do “*Royal Majesty*”, exceto pelo receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS), os

---

<sup>5</sup> Norman, S; Billings, C.E.; e outros. Aircraft automation philosophy: A source document. Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center. 1988.

<sup>6</sup> Department of Defense: DOD 5000.2 “Defense Acquisition Management Policies and Procedures;” MIL-H-46855, “Human Engineering Requirements for Military Systems, Equipment, and Facilities;” MIL-STD-1472, “Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment, and Facilities;” MIL-STD 1800, “Human Factors Engineering;” MIL-STD 1801, “User-System Interface.”

certificados dos Oficiais, drogas, e fadiga não foram fatores contribuintes para o acidente;

2 – Embora a Guarda Costeira não tenha observado nenhuma indicação de que os Oficiais estivessem sob a influência do álcool, este não pode ser conclusivamente descartado como um fator para o acidente por causa da demora na coleta de sangue e urina;

3 – 52 minutos após o “*Royal Majesty*” ter partido de *St. George’s*, nas Bermudas, a conexão do cabo da antena do receptor GPS se desconectou o que foi suficiente para o GPS mudar para o modo *Dead Reckoning*, e o piloto automático que não era programado para detectar a mudança e o estado inválido não fez correções para o vento, corrente ou mar;

4 – Passar o cabeamento da antena do GPS em uma área onde pessoas transitarium aumentaram o risco de dano ao cabo e conexões;

5 - Se o fatômetro tivesse sido ajustado para 3 metros, como era estabelecido, ou o Primeiro Oficial de Náutica tivesse escolhido exibir as informações do fatômetro no console de controle, este teria sido alertado que o “*Royal Majesty*” estava em água muito mais rasa que o esperado e, assim, que estava fora do rumo. O Oficial teria sido alertado talvez até 40 minutos antes do encalhe, e a situação poderia ter sido corrigida;

6 – O monitoramento do GPS da embarcação pelos Oficiais de Serviço foi deficiente;

7 – O cruzamento de informações entre GPS e Loran-C para a verificação da posição do “*Royal Majesty*” não foi executado durante a viagem;

8 – Apesar de ser provável que os Oficiais não tivessem conhecimento da limitação na utilização do alarme para monitorar a acuidade da informação de posição do GPS, foi inapropriado contar unicamente com o alarme para avisá-los de quaisquer problemas com as informações do GPS;

9 – A observação de luzes que não são normalmente vistas nesta área, a incapacidade do Primeiro Oficial em confirmar a presença de uma boia, e a observação da mudança na cor da água deveria ter precedência sobre o a informação mostrada no console central e levado o Oficial a prontamente usar todos os meios disponíveis para verificar a sua posição;

10 – O Imediato e o Primeiro Oficial não fizeram uso das boas práticas no serviço de quarto e também não agiram com consciência das precauções

necessárias quando se aproxima dos esquemas de separação de tráfego em Boston e de terra;

11 – Os métodos do Comandante para monitorar o progresso da viagem não contaram para as capacidades técnicas e as limitações do equipamento automatizado;

12 – Os Oficiais do “*Royal Majesty*” podem ter acreditado que pelo fato do GPS ter demonstrado confiabilidade suficiente durante três anos e meio, a prática tradicional de usar pelo menos duas fontes independentes de informação de posição não era necessária;

13 – Todos os Oficiais foram excessivamente confiantes e dependentes na exibição da posição automática e foram, para todos os efeitos, navegando com esta ao invés de usar os auxílios à navegação ou informações visuais;

14 – O protocolo 0183 padronizado pela indústria não fornecia documentos ou meios padronizados de comunicação ou reconhecimento que o modo *DR* estava em uso, com isso a *Raytheon* e a *STN Atlas* adotaram filosofias diferentes;

15 – A *STN Atlas* deveria, a fim de ajudar a assegurar a segurança e compatibilidade com o protocolo 0183 (NMEA), programar o sistema de navegação e comando do “*Royal Majesty*” para reconhecer o estado *válido/inválido* do NMEA 0183;

16 – Caso o piloto automático tivesse sido configurado para comparar informações de posição de fontes independentes e tivesse sido instalado um alarme que ativasse quando discrepâncias fossem detectadas, o encalhe do “*Royal Majesty*” poderia ter sido evitado;

17 – Os Oficiais de Quarto devem verificar a operação apropriada de cada equipamento frequentemente, por isso o estado de equipamentos críticos deve ser exibido diretamente no console ou em repetidoras localizadas onde possam ser vistas do console central;

18 – O breve alarme sonoro do receptor do GPS, a localização afastada do mesmo, e a falha do instalador em conectar o alarme externo do GPS resultaram na inadequação do aviso sonoro enviado para a tripulação quando o sistema de posicionamento global mudou para o modo *DR*;

19 – O modo de falha e análise de efeito (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis) do Sistema de Passadiço Integrado do “Royal Majesty” provavelmente teria divulgado as deficiências dos componentes do sistema;

20 – O programa de treinamento a bordo empregado pela “*Majesty Cruise Line*” para treinar os Oficiais de Quarto do “*Royal Majesty*” na operação do Sistema de Passadiço Integrado não preparou adequadamente os Oficiais para identificar e reagir em caso de mau funcionamento do sistema;

21 – O Sistema de Passadiço Integrado do “*Royal Majesty*” não incorporava adequadamente a engenharia levando em conta os fatores humanos;

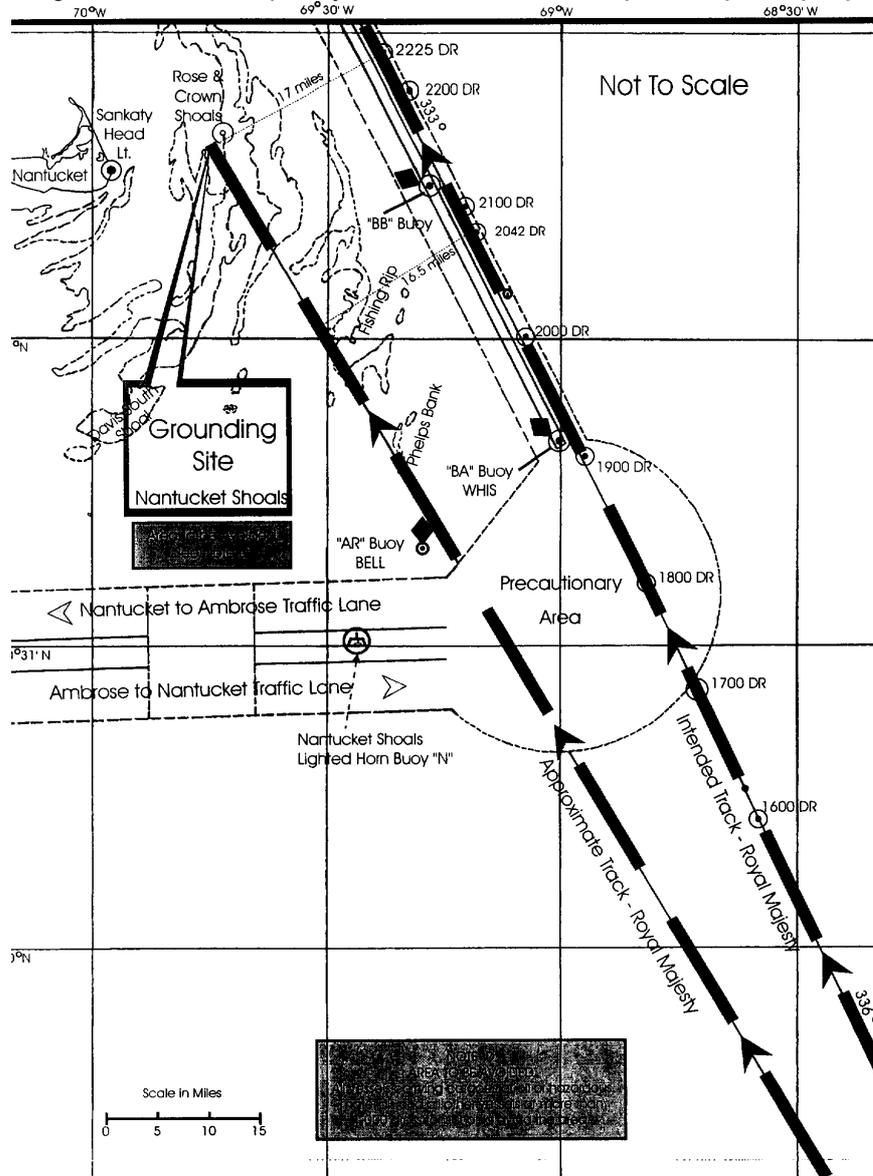
22 – Há a necessidade de ter padrões de desempenho para Sistemas de Passadiço Integrado e de exigir que o sistema seja inspecionado e certificado.

### **6.3 CAUSA PROVÁVEL**

O Departamento Nacional de Segurança dos Transportes determinou que a provável causa do encalhe do “*Royal Majesty*” foi o excesso de confiança nos recursos automatizados do Sistema de Passadiço Integrado por parte dos Oficiais de Quarto, a falha da “*Majesty Cruise Line*” em assegurar que seus Oficiais estavam adequadamente treinados quanto aos recursos automatizados do SPI e nas implicações desta automatização no gerenciamento de recursos do passadiço, as deficiências na concepção e implementação do Sistema de Passadiço integrado e nos procedimentos de operação deste, e a falha do Primeiro Oficial de Náutica para tomar ações corretivas após várias pistas indicando que o navio estava fora da derrota planejada.

Foram fatores contribuintes a inadequação dos padrões internacionais de treinamento para Oficiais de Serviço de Quarto a bordo de embarcações equipadas com sistemas de navegação eletrônicos e Sistemas de Passadiço Integrado e a inadequação de padrões internacionais para a concepção, instalação e teste de Sistemas de Passadiço Integrado a bordo de embarcações.

Figura 22 – Derrota planejada e derrota realizada pelo “Royal Majesty”



Fonte: National Transportation Safety Board. Washington DC, 1997

## CONCLUSÃO

Ao longo da evolução humana, o homem sentiu a necessidade de expandir e cada vez ir mais longe. Pequenas embarcações pesqueiras evoluíram em embarcações ultragrandes, como os navios ULCC (*Ultra Large Crude Carrier*), e equipamentos rudimentares deram espaço a passadiços ultramodernos totalmente automatizados. E no meio de toda transformação estava o navegante tentando acompanhar toda essa modernização.

O propósito deste trabalho foi demonstrar o avanço da tecnologia no passadiço e ressaltar a importância do elemento humano durante todo o processo.

Este trabalho não tem como função advogar que deva haver uma escolha entre habilidades tradicionais ou habilidades eletrônicas, mas sim que é preciso haver um equilíbrio entre os dois. Todos os recursos disponíveis devem ser utilizados e não devemos permitir que habilidades fundamentais para a navegação e comunicação deteriorem-se devido ao avanço da tecnologia.

Corroborado pelo relato sobre o acidente com o navio “*Royal Majesty*” – um dos primeiros acidentes relacionados com a automatização envolvendo uma grande embarcação comercial – pode-se afirmar que a automatização torna-se um risco potencial se os tripulantes não tiverem treinamento adequado, compreenderem o equipamento e souberem como usá-lo efetivamente. Os tripulantes devem estar treinados para identificar e diagnosticar anomalias do sistema antes que as mesmas exijam atenção imediata.

Mesmo nesta era tecnológica, precisamos atentar para o bom senso e o bom julgamento, e prevenir o excesso de confiança causado pela mesma.

Muitas foram as melhorias na segurança atribuídas à tecnologia, mas, para obter ainda mais ganhos, devem-se colocar mais energia e esforços em uma área que clama por atenção – o elemento humano.

O que se pode concluir com tudo que foi estudado é que o nosso próximo desafio é reformular o sistema de treinamentos para desenvolver e capacitar os navegantes, aprimorar seus conhecimentos, a fim de que se tornem diligentes, alertas, conhecedores, eficientes, confiáveis e capazes de acompanhar a modernização do passadiço.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUARONE, F. História da Navegação – A Conquista do Mar. Rio de Janeiro: Irmãos Pongetti, 1955.

American Bureau of Shipping. Guide for Bridge Design and Navigational Equipments/Systems. Houston, TX, 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Informação e documentação – Trabalhos Acadêmicos – Apresentação: NBR 14724. Rio de Janeiro, 2011.

Automation Familiarization Manual. Converteam Training Course. Nov, 2010

BAINBRIDGE, Lianne. Ironies of Automation. Automatica, Great Britain, v. 19, n. 6, p. 775-779, 1983

BAKER, Clifford C.; SEAH, Ah Kuan. Maritime Accidents and Human Performance: The Statistical Trail. Martech, Cingapura, Set, 2004

BARROS, Geraldo Luiz Miranda de. Navegando com a Eletrônica. 2. ed. Petrópolis, RJ: Catedral das Letras, 2007.

Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Edição Histórica 1971-2011, p. 34. Rio de Janeiro: Stamppa, 2011

DP Operator Familiarization Manual. Converteam Training Course. Nov, 2010

Dynamic Positioning Basic operator Course. Kongsberg Training Manual

ECDIS Training Course Manual. Furuno INS Training Center

Fato sobre Cartas Digitais e Exigências de Sua Dotação a Bordo. Disponível em [https://www.mar.mil.br/dhn/chm/cartas/download/cartasbsb/S\\_66%20Edicao%20Completa.pdf](https://www.mar.mil.br/dhn/chm/cartas/download/cartasbsb/S_66%20Edicao%20Completa.pdf). Acessado em Ago, 2012.

Galileo Navigation. Disponível em <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html>. Acessado em Set, 2012

GLONASS. Disponível em <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/>. Acessado em Set, 2012

IMO, International Maritime Organization. International Convention for the Safety of Life at Sea. Edição Consolidada 2009 and Amendments 2010. Londres: Publicação IMO, 2010

IMO. Resolução A.817(19) adotada em 23 de Nov de 1995. Disponível em [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=22622&filename=A817\(19\).pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=22622&filename=A817(19).pdf). Acessado em Set, 2012

IMO. Resolução MSC.64(67) adotada em 04 de Dez de 1996. Disponível em [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=15430&filename=64%2867%29.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=15430&filename=64%2867%29.pdf). Acessado em Set, 2012

IMO. Resolução MSC.86(70) adotada em 08 de Dez de 1998. Disponível em [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=15454&filename=86%2870%29.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=15454&filename=86%2870%29.pdf). Acessado em Set, 2012

JAYAKODY, Nalaka; ZHENGIANG, Liu. Modern technology. The Nautical Institute - Seaways, Londres, p. 27-28, Set. 2009

LEWIS, Edward V. Principles Of Naval Architecture Vol II: Resistance, Propulsion and Vibration. 2ªRev. Nova Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988

MIGUENS, Altineu Pires. Navegação: A Ciência e a Arte – Vol III: Navegação Eletrônica e em Condições Especiais. Rio de Janeiro: DHN, 2000.

National Transportation Safety Board. Grounding of The Panamian Passenger Ship Royal Majesty on Rose and crown Shoal Near Nantucket, Massachusetts. Marine Accident Report, Washington DC, PB97-916401, NTSB/MAR-97/01, Abr, 1997

SILVA, Regina Célia Porto da. Módulo de Metodologia da Pesquisa Científica. 2. ed. Rio de Janeiro: DPC, 2010.

Sistema de Posicionamento Global. Disponível em <http://www.gps.gov/systems/gps/>. Acessado em Set, 2012

TETLEY, L. e CALCUTT, D. Electronic Aids to Navigation. Great Britain: Edward Arnold, 1986.

The Nautical Institute. Integrated Bridge Systems and The Human Element. Londres, Set, 2003

## GLOSSÁRIO

Conning Display – é um monitor de informação de comando que fornece dados da condição de navegação tornando-os facilmente disponíveis para um monitoramento eficiente.

DGPS (Differential GPS) – Sinal diferencial para o Sistema de Posicionamento Global.

DP (Dynamic Positioning) – Posicionamento Dinâmico – Sistema que controla automaticamente a posição e o aproamento de uma embarcação por meio de propulsão própria. O sistema de posicionamento dinâmico consiste de sistema de controle, sistemas de referência e sistemas de energia.

DR (Dead Reckoning) – técnica de estima da posição e rumo do navio em caso de perda temporária dos sinais de medida.

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) - Modo de falha e análise de efeito é a metodologia utilizada para identificar modos de falhas em potencial, determinar seus efeitos e identificar ações para mitigar tais falhas.

Hardware – é a parte física do computador, ou seja, é o conjunto de componentes eletrônicos, circuitos integrados e placas, que se comunicam através de barramentos.

I/O (input/output) - é um termo utilizado pela computação e pela eletrônica que indica entrada (inserção) de dados por meio de algum código ou programa para algum outro programa, bem como a sua saída ou retorno de dados.

NMEA (National Marine Electronics Association) – entidade que unifica toda a indústria eletrônica marítima e combina especificações elétricas e de dados para a comunicação de dos dispositivos eletrônicos de navegação.

P&I Club – são associações que têm como membros os armadores de navios, onde estes são os próprios seguradores, visto que os clubes de P&I não visam ao lucro.

Software – é uma sentença escrita em uma linguagem computável, para a qual existe uma máquina capaz de interpretá-la. O software é composto por uma sequência de comando e declarações de dados. Ao interpretar o software, a máquina é direcionada à realização de tarefas especificamente planejadas, para as quais o mesmo foi projetado.

Taut wire – é o mais antigo sistema de referência de posição usado para o sistema de posicionamento dinâmico. É constituído de um peso que é arriado até o fundo do mar e por medição da quantidade de cabo pago e o ângulo do cabo registrado pelo sensor, a posição relativa pode ser calculada.

Thruster – são impelidores que atuam como os propulsores. Os thrusters podem ser azimutais – podem ser girados em qualquer direção horizontal e atuarem também como máquina de governo, ou podem ser transversais (na popa ou na proa) o que compete à embarcação uma maior manobrabilidade.

UPS (Uninterruptible Power Supply) - é um sistema de alimentação secundário de energia elétrica que entra em ação, alimentando os dispositivos a ele ligado, quando há interrupção no fornecimento de energia primária.

VTS (Vessel Traffic Service) – é um sistema de monitoramento de tráfego estabelecido por alguns portos ou autoridades marítimas.

Waypoints – são pontos de guinada em um derrota.

## **ANEXOS**

Anexo A – Diagrama de um Passadiço Integrado em uma embarcação moderna

