

E-NAVIGATION: SOLUÇÃO SAFETY E SUSTENTÁVEL PARA UMA NOVA ERA?

Laís Raysa Lopes Ferreira ¹

RESUMO

Numa escala temporal, a partir de mudanças de paradigmas (gerenciais e operacionais), a maneira de execução da atividade ao mar tem evoluído, agregada a ferramentas tecnológicas fundamentais. Apesar da regulamentação da Organização Marítima Internacional (IMO) na busca por soluções *safety*, *security*, e sustentáveis, acidentes marítimos continuaram a acontecer – numa abordagem causal simples, devido a “erros humanos”. Sendo incalculáveis os prejuízos decorrentes de tais circunstâncias, verificou-se que a navegação poderia ser aprimorada com o auxílio da tecnologia, a fim de proporcionar um maior controle das ações humanas – conceito *e-Navigation* – o que caracteriza o início de uma nova era para a navegação. O presente estudo pretende analisar a *e-Navigation* como solução para os aspectos *safety* e sustentável do âmbito marítimo, numa aplicação das Ciências Náuticas por método indutivo, associada a uma proposta técnico-científica que apresenta as mudanças de paradigmas da atividade comercial marítima (setor petroleiro) em eras específicas, com análise aplicável a toda a indústria de transporte marítimo. Verificou-se que, numa fase inicial, soluções “inteligentes”, *safety* e sustentáveis para a navegação comercial podem ser possíveis; mas só até certo limite (ponto de inflexão), quando situações imprevistas, circunstâncias adversas ou falhas humanas, por exemplo, venham a acontecer.

Palavras-chave: Segurança da navegação; *Safety*; Sustentabilidade; Erro Humano; *E-Navigation*.

¹ Doutoranda em Estudos Marítimos (Escola de Guerra Naval - EGN) e Mestre em Meteorologia (Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ). E-mail: lalaraysa@hotmail.com / Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1113-4752>

INTRODUÇÃO

Com a contribuição da evolução tecnológica, a atividade comercial marítima tem atravessado eras, ou fases, peculiarmente caracterizadas por paradigmas referentes à execução da “arte da navegação” e gerenciamento operacional das embarcações.

Procurando acompanhar cada fase, a IMO tem implementado ações consideradas positivas para o setor, numa busca constante por soluções quanto às problemáticas da segurança e da sustentabilidade. Sendo também uma agência especializada da ONU (Organização das Nações Unidas), possui a missão de promover um transporte eficiente, seguro, ambientalmente saudável, e sustentável, conforme Resolução IMO A.1110(30) de 08/12/2017 (*Strategic Plan for the Organization for the Six-Year Period 2018 to 2023*) (IMO, 2017b).

O elemento humano executa os processos decisórios na condução das embarcações, em circunstâncias favoráveis ou perigosas (inseguras). Mas, em caso de falha de ações que ocasione um sinistro marítimo, por exemplo, o fator “erro humano” negativamente se destaca, contribuindo para o contexto da segurança da navegação (IMO, 2008a). No entanto, numa análise menos simplista, outros fatores podem cooperar para o erro operacional de determinada atividade, inclusive o ambiente organizacional (REASON, 2000).

A abordagem da temática “segurança ao mar” pode se desenvolver por um viés *safety* – percebida como a “salvaguarda da vida humana”, em referência à sensação ou percepção de segurança dos indivíduos em um ambiente – ou, por um viés *security* – numa alusão à proteção contra ameaças externas (atividades ilegais; contrabando; exploração ilegal de recursos marinhos; pirataria; terrorismo; etc.) (KOPACZ *et al*, 2002; URBANSKI *et al*, 2008; BEIRÃO, 2014; FORMELA *et al*, 2019; BEIRÃO, 2019). A ênfase aqui apontada será apenas na perspectiva *safety* da segurança da navegação.

Em virtude da exigente regulamentação da atividade marítima e das imensuráveis consequências materiais, econômicas, ambientais, e para as vidas humanas envolvidas; um alto nível de profissionalismo é exigido, sendo também de fundamental importância o emprego de aparatos tecnológicos, para a execução da navegação – e a cada era, numa proporção superior. No entanto, mesmo com a abrangência legislativa internacional,

a agregação de tecnologia à atividade, e as condições procedimentais impostas à tripulação; acidentes marítimos continuaram a ocorrer.

Num maior anseio por soluções, e por iniciativa da comunidade marítima internacional, a IMO propôs a adoção da *e-Navigation* – conceito que rompe com modelos anteriormente propostos para a execução da atividade ao mar, e que proporciona o início de uma nova era marítimo-tecnológica (IMO, 2014; FERREIRA, 2019); inclusive, por possibilitar a aplicação de ferramentas da inteligência artificial à navegação marítima. A IMO (2014) estabeleceu o período de 2014 a 2019 para a adaptação e a implementação das mudanças tecnológicas, a fim de que se iniciasse a projeção de produtos inovadores e serviços inéditos, que atenderão ao conceito *e-Navigation*.

Há a expectativa de que a informação e a infra-estrutura fornecida pela *e-Navigation* reduzirá a carga administrativa e aumentará a eficiência de comércio e transporte marítimo, em benefício da segurança marítima e proteção do ambiente marinho (IMO, 2008a).

No presente estudo, a proposta técnico-científica de Shaw (20-?a), que analisa a questão do “erro humano” em relação a execução da navegação e gerenciamento operacional de embarcações petroleiras, ilustrando a evolução desse setor em três períodos bem caracterizados (paradigmas “tradicional”, “processual” e “elemento humano”), será associada ao setor de transporte marítimo (navegação comercial), de maneira geral – numa aplicação das Ciências Náuticas (ênfase em navegação marítima e gerenciamento operacional de embarcações). Uma extensão desse referido trabalho, sendo que numa perspectiva de análise das questões organizacionais que podem levar ao erro humano (SHAW, 20-?b), destaca como válidas as conclusões, aplicáveis sim a toda a indústria do transporte marítimo.

Apesar do desenvolvimento aqui ser apontado apenas para o viés *safety* da segurança da navegação, entende-se que o conceito *e-Navigation* alcança também o aspecto *security*, por ser amplo. Entretanto, nesse sentido, trabalho específico (técnico-científico militar) com a agregação de conhecimento dos segmentos portuário, aquaviário, marítimo, submarino e aéreo, deve ser realizado.

PROBLEMÁTICA SAFETY NA ATIVIDADE MARÍTIMA

Segundo Beirão (2019), a segurança da navegação pode ser considerada um macro conceito, objetivo ou subjetivo; daí, a delimitação de sua abordagem temática é necessária. Nos idiomas inglês e francês, há étimos e conceitos distintos (*security* e *safety*, em inglês, e, *securité* e *surreté*, em francês), e nos idiomas espanhol e português, apenas uma palavra abrange ambos os conceitos (segurança, em português e *seguridad*, em espanhol). O aspecto subjetivo do conceito (*safety*) faz referência à sensação ou percepção daqueles que são influenciados por um ambiente.

Para Formela, Neumann e Weintrit (2016), segurança seria um estado, em que os riscos e condições que levam a danos físicos, psicológicos ou materiais são controlados, a fim de preservar a saúde e o bem-estar dos indivíduos e da comunidade.

Já houve a tentativa oficial de instituir, em português, que *safety* deveria ser entendido como “salvaguarda”, numa referência à Convenção SOLAS (*Safety of Life at Sea*) da IMO, o mais importante de todos os tratados relativos à *safety* no mar, de 1º de novembro de 1974, oficialmente traduzida e internalizada no Brasil como Convenção sobre a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (BEIRÃO, 2014).

Por meio do desenvolvimento e implementação de regulamentações e instrumentos internacionais, a IMO adota medidas para melhorar a segurança no mar. Como citado em Beirão (2014), nos aproximadamente 50 anos de sua criação, a IMO capitaneou mais de 50 convenções, das quais 40 já estão em vigor; entre estas, 25 foram adotadas pelo Brasil.

Conforme Kopacz, Morgas e Urbański (2002), o sistema de segurança da navegação marítima é criado e, passo a passo, aprimorado, sendo também um ramo da ciência aplicada; e tem como principal tarefa, garantir e manter as condições de navegação favoráveis para a condução segura e eficiente dos navios no mar.

Com o objetivo de gerar renda e lucro para todos os envolvidos, a atividade marítima tem uma importância fundamental na efetivação de trocas comerciais entre Estados. Daí, uma problemática IMO latente é a melhoria da *safety* de um navio, individualmente, para que a navegação se dê com o menor risco possível de acidente.

A frota mundial, em constante crescimento, opera em um ambiente cada vez mais intenso e global, onde a economia de custos é parte fundamental dos negócios (BUTT *et al*, 2013). Uma preocupação

internacional relaciona os aspectos referentes à segurança da navegação (*safety*) e essa economia de custos, devido à relevância comercial da atividade – acidentes marítimos jamais serão bem vistos por grandes empresas e armadores. Também, eventos que possam resultar em consequências catastróficas, ou em que haja perda de vidas humanas, mesmo de ocorrência remota, não são bem aceitos pela sociedade (BRASIL, 2018).

Em 2019, o litoral nordeste brasileiro sofreu sério impacto após um fato da navegação (derramamento de óleo); devidamente acompanhado e prontamente enfrentado pela Marinha do Brasil (MB) a partir do Grupo de Avaliação e Acompanhamento (GAA) – formado pela MB, Agência Nacional de Petróleo (ANP) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 2019). Com o apoio de instituições técnicas e científicas, públicas e privadas, brasileiras e estrangeiras durante o processo investigativo, o relatório da investigação foi divulgado pela MB (BRASIL, 2021). Ocorrências consideradas acidentes e fatos da navegação estão listadas na NORMAM 09 (Norma da Autoridade Marítima Brasileira) (BRASIL, 2003).

O problema do acidente/incidente marítimo também pode ser gerenciado pelo acompanhamento da navegação individual, num rastreamento das intenções de manobra e da derrota das embarcações. Tal abordagem é executada pelo Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS) – um auxílio eletrônico à navegação, com capacidade de prover monitorização ativa do tráfego aquaviário, com o propósito de ampliar a segurança da vida humana no mar, a segurança da navegação e a proteção ao meio ambiente nas áreas em que haja intensa movimentação de embarcações ou risco de acidente de grandes proporções. Estudos de viabilidade estão sendo feitos para a sua implementação no Brasil (BRASIL, 2018).

PROBLEMÁTICA DA SUSTENTABILIDADE NA ATIVIDADE MARÍTIMA

Com uma proposta inicial de fomentar a salvaguarda da vida humana no mar (*safety*), a IMO também lida com diversos outros temas afetos ao labor marítimo, por exemplo, relacionando a navegação com a preservação do ecossistema oceânico. Encarregado das questões ambientais, o Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho (MEPC)

da IMO aborda temáticas referentes à emissões atmosféricas e mudanças climáticas; derramamento de óleo; gestão da água de lastro; poluição do ar e sonora; etc.

O fato de acidentes de grandes proporções terem acontecido, anteriormente, em várias partes do globo, causando prejuízos (Figura 01), reforça a tamanha preocupação com o aspecto do desenvolvimento sustentável da atividade da navegação. Tal abordagem, de forma mais específica, é regulamentada pela MARPOL 73/78 – que abrange os aspectos relacionados à poluição por óleo, esgoto, alijamento, e mais recentemente, a emissão de gases atmosféricos.

Figura 01: Incêndio em duto submarino de gás no Golfo do México.



Fonte: Suárez, 2021.

Como agência da ONU, um esforço para alcançar consonância com o Acordo de Paris² existe por parte da IMO, especificamente em relação a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera; bem como, a concordância com a Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável – que inclui seus Dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, e marca um acordo histórico entre os 193 Estados Membros das Nações Unidas para criar um caminho de ação sustentável para as pessoas, o planeta e a prosperidade.

Nota-se uma investida para que a atividade da navegação seja cada vez mais “limpa”. Devido ao problema crescente de decisões políticas,

² Acordo sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), assinado em 2016, visando o enfrentamento da mudança climática.

estudos e soluções foram discutidas pela IMO (2009), referentes a natureza e a magnitude do impacto do setor de transporte marítimo sobre o clima. A IMO (2009) afirma que as emissões dos navios dão origem a mudanças na abundância de gases emitidos na atmosfera, uma vez que, por meio de processos atmosféricos, essas espécies de emissões podem sofrer reações atmosféricas, alterar processos microfísicos ou serem absorvidas/removidas pelos vários sumidouros (superfícies de terra e água) por deposição seca e úmida. Como o custo social destes efeitos pode ser muito difícil de mensurar, os impactos globais de qualquer das emissões de navios sobre o clima são complexos.

As emissões provocadas por navios são estimadas conforme o modo operacional desenvolvido pelas embarcações – o funcionamento de seus motores principais para uma situação em que a embarcação esteja em viagem (modo operacional normal de cruzeiro) ou para uma situação em que a embarcação se encontre nos limites de uma zona portuária (modos operacionais de marcha reduzida, *hotellinge* manobra) (IMO, 2014). Então, quanto maior o porto e a frequência de movimentação dessas embarcações, maior será também o impacto ao meio ambiente em um determinado local (FERREIRA, 2017). Especificamente, com relação ao alcance da sustentabilidade do negócio portuário numa perspectiva de crescimento de suas operações, abordagens gerenciais em diferentes escalas são necessárias, segundo Kiztman e Asmus (2006), capazes de abranger todos os sistemas envolvidos (terrestre e marítimo), profundamente integrados.

Diversas soluções para a questão da sustentabilidade da atividade ao mar continuam sendo consideradas no âmbito da IMO. Existe o desafio, por exemplo, de não comprometer a segurança da vida no mar ou a sustentabilidade de ambientes polares, uma vez que, tendências e previsões indicam que o transporte nesses ambientes crescerá e se diversificará nos próximos anos (IMO, 2020).

O Código Internacional da IMO para navios que operam em águas polares (Código Polar), foi adotado, entrando em vigor em 1 de janeiro de 2017, e sendo obrigatório nos termos da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS) e da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL). Abrange toda a gama de questões relativas a projeto, construção, equipamento, operacional, treinamento, busca e salvamento e proteção ambiental relevantes para navios que operam nas águas inóspitas que cercam os dois pólos (Ártico e Antártico) (IMO, 2016). As alterações do

Código Polar e SOLAS foram adotadas durante a 94ª sessão do Comitê de Segurança Marítima (MSC) da IMO, em novembro de 2014 – *Resolution MSC.385(94)*; as disposições ambientais e as alterações da MARPOL foram adotadas durante a 68ª sessão do MEPC, em maio de 2015 – *Annex 10/Resolution MEPC.264(68)* (IMO, 2014; IMO, 2015).

Por meio da cooperação, altos padrões praticáveis de “segurança e proteção marítima”, “eficiência da navegação”, e “prevenção e controle da poluição por navios” devem ser adotados; bem como, consideradas as questões legais relacionadas a implementação efetiva dos instrumentos IMO. A visão estratégica IMO para o período de 2018 a 2023 é manter o seu papel de liderança como reguladora global do transporte marítimo, promovendo um maior reconhecimento da importância do setor e permitindo o avanço do transporte marítimo; ao mesmo tempo em que enfrentará os desafios do desenvolvimento contínuo da tecnologia e do comércio mundial e a necessidade de cumprir a Agenda 2030 para Desenvolvimento sustentável, apoiando os Estados membros em sua implementação (IMO, 2017b).

ERRO HUMANO E INSEGURANÇA MARÍTIMA

Conforme Galic, Lusic e Skoko (2014), o risco é um perigo que pode ser previsto, mas não totalmente; e sempre implica na probabilidade de um evento indesejável ocorrer, devendo-se ter em mente que a única coisa a ser feita é a sua avaliação. Já um perigo é um estado de acidente iminente e imprevisto. Riscos no transporte marítimo podem ser previstos, até certo ponto; e estão principalmente relacionados a acidentes no mar; havendo um grande número de elementos que se envolvidos com a segurança marítima (empresas transportadoras, portos e autoridades portuárias, comunidade internacional, etc.).

O “erro humano” tem sido considerado um fator que proporciona a insegurança marítima. Conforme relatório anual de acidentes e incidentes marítimos da EMSA (*European Maritime Safety Agency*), a partir de informações da EMCIP (*European Marine Casualty Information Platform*), o “erro humano” representou 58% dos eventos acidentais. Também, operações diversas realizadas a bordo de embarcações foram fatores contribuintes em 70% dos eventos acidentais, em águas interiores e áreas portuárias (EMSA, 2018).

De acordo com Apostol-Mates e Barbu (2016), os romanos afirmaram coerentemente que *"errare humanum est"* (errar é humano), uma vez que, mesmo marítimos treinados, capazes, e experientes, podem cometer erros na execução da atividade da navegação. Erros sequenciados – ou seja, uma "soma" ou "cadeia de erros" – e que encontram condições favoráveis, geralmente, se transformam em acidentes. Com relação aos "erros humanos", a questão fundamental deveria ser a observância dos fatores que os ocasionaram e como impedi-los de acontecer.

Rothblum (2006) destaca que um acidente não aconteceria se houvesse a quebra da cadeia de eventos, logo, encontrando-se maneiras de evitar alguns desses erros humanos, ou de, pelo menos, aumentar a probabilidade de que esses erros sejam notados e corrigidos, pode-se reduzir a insegurança marítima, alcançando-se menos acidentes.

Segundo Reason (2000), o problema do erro humano pode ser encarado numa perspectiva na pessoa e numa perspectiva no sistema; cada abordagem com seu modelo próprio de causalidade, gerando filosofias diferentes de gerenciamento de erros. A tradição de longa data sobre a abordagem do erro humano numa perspectiva na pessoa concentra-se nos atos inseguros de pessoas que estão em posição extrema de decisão (erros e violações de procedimentos, devido a processos mentais aberrantes, como esquecimento, desatenção, falta de motivação, negligência e imprudência). Na perspectiva do sistema, observa-se a premissa básica de que os seres humanos são falíveis e que erros são esperados, mesmo nas melhores organizações, uma vez que são consequências de fatores sistêmicos "a montante" (armadilhas de erro recorrentes no local de trabalho e os processos organizacionais que as originam). Embora não se possa mudar a condição humana, as condições sob as quais os humanos trabalham podem ser mudadas.

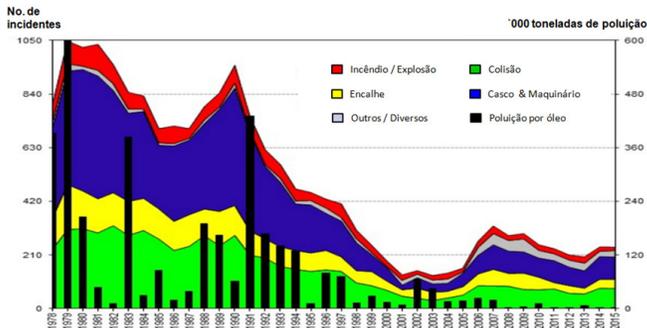
Para Shaw (20-?b), os marítimos cometem erros, mas não são os únicos humanos no sistema: aqueles que especificam, projetam, constroem, testam, classificam e fornecem gerenciamento, igualmente, são humanos propensos a erros. Sistemas de gerenciamento também são imperfeitos e refletem compromissos, conflitos de objetivos, restrições de recursos, responsabilidades e preocupações legais. A contribuição marítima deveria ser muito mais evidenciada do que o erro, já que, a única razão pela qual um navio opera é porque o marítimo está constantemente supervisionando, gerenciando, ajustando e o mantendo – como um "herói", permitindo que um navio moderno funcione.

No entanto, a obsessão pela culpa na sociedade se mostra recorrente. Todo grave acidente é acompanhado por uma demanda de influentes ou representantes comunitários, que geralmente se utilizam da mídia, e podem logo identificar um “culpado”, antes mesmo de qualquer investigação ter sido realizada (SHAW, 20-?b).

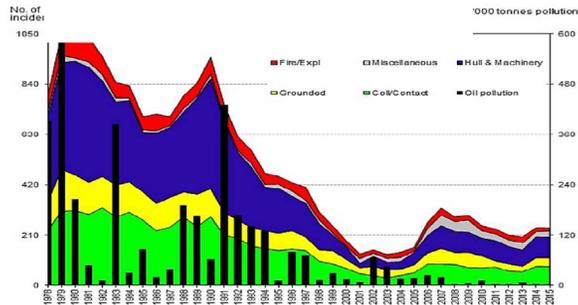
ERAS DE TRANSIÇÃO DA NAVEGAÇÃO COMERCIAL

Por literatura técnico-científica marítima do *The Human Element Industry Group (Nautical Institute)*, organização que procura compreender o elemento humano num contexto de trabalhos IMO futuros, Shaw (20-?a) analisa que, quando a introdução do “casco duplo” tornou-se mandatória para navios tanques (petroleiros), houve uma redução do número de incidentes e poluições no mar. No entanto, depois de um tempo, o número absoluto de incidentes voltou a aumentar de uma maneira intrigante, mesmo após todos os esforços na adoção de legislações específicas para a categoria marítima, na implementação de tecnologias, e apesar da evolução da indústria naval nos últimos quarenta anos (Figura 02)³.

Figura 02: Estatística de acidentes/incidentes com navios tanque.



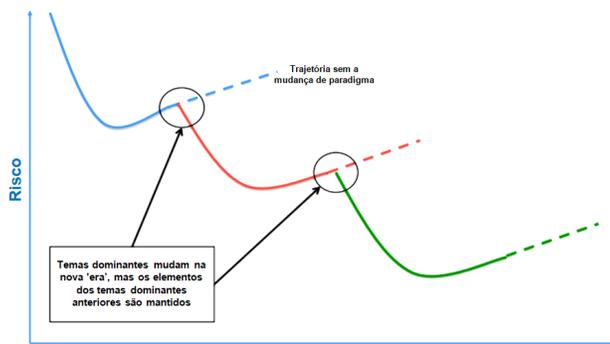
³ A figura demonstra a perspectiva de acidentes/incidentes no transporte marítimo (setor petrolífero) ao longo dos anos (número de incidentes e toneladas de poluição). Os acidentes/incidentes foram classificados conforme a legenda (incêndio/explosão; encalhe; colisão; casco e maquinário; poluição por óleo; e outros). Como sugere o gráfico, a redução de incidentes de 1990 a 2002/2003 foi evidente, com as taxas referentes à poluição bem diminuídas; mas a melhoria não foi continuada, e os eventos poluidores voltaram a acontecer.



Fonte: Adaptado de Intertanko apud Shaw (20-?a).

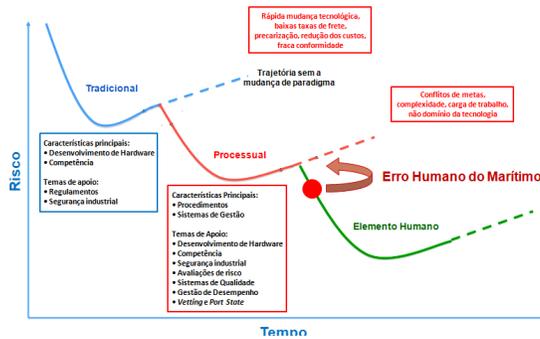
Pareceu provável para Shaw (20-?a), que a redução de acidentes no setor marítimo tenha se desenvolvido em eras, ou fases, e não como uma tendência contínua, conforme o modelo de redução de risco ao longo do tempo (Figura 03); sendo cada período sustentado por um paradigma, com temas e características dominantes (Figura 04). O paradigma inédito incentiva a redução de riscos, permitindo que métodos de segurança e gerenciamento mais amplos sejam adotados. No entanto, com o passar do tempo, devido a uma mudança no ambiente operacional (ou do setor), por exemplo, tal paradigma vai se tornando pouco eficaz, e os riscos de acidentes voltam a crescer. Daí, tendências de incidentes, possivelmente reforçadas por eventos inéditos, destacarão a necessidade de mudança para um novo paradigma; não de forma repentina, mas numa evolução temporal, levando alguns dos componentes do paradigma anterior.

Figura 03: Redução do risco de acidente x tempo.



Fonte: Adaptado de Shaw (20-?a).

Figura 04: Mudanças de paradigmas.



Fonte: Adaptado de Shaw (20-?a).

Shaw (20-?a) demonstra a evolução do setor de navios petroleiros em paradigmas, que sustentam três épocas: (i) tradicional, (ii) processual e (iii) elemento humano (Figura 04). O paradigma “tradicional” apresentou como características, o foco no desenvolvimento da frota e de *hardwares*, bem como a dependência na “competência” do marítimo. Houve gradual evolução da construção naval (tanques de carga e plantas de gás inerte) e *design* dos navios petroleiros (acomodações internas). Os sistemas tornaram-se cada vez mais automatizados e monitorados, com a evolução dos equipamentos de navegação (radar, *Loran* e *Decca Navigator*, e navegação por satélite), e da propulsão (do vapor para os motores de combustão). Mas a taxa de desenvolvimento tecnológico era relativamente lenta, o que facilitava o acompanhamento do ritmo pela tripulação. Também, viagens mais longas aumentavam a familiaridade do pessoal com a embarcação e possibilitavam a execução de treinamento, formando um quadro profissional marítimo mais competente. Nessa era, o conhecimento estava contido em “regulamentos” e não em procedimentos (não se explicava como as coisas deveriam ser feitas, apenas declarava-se que deveriam ser realizadas) – a filosofia de segurança industrial só foi introduzida no setor de transporte nas décadas de 60 e 70.

Com as mudanças no modelo comercial após os “choques” do preço do petróleo na década de 1970 (que resultaram em recessão global, redução do consumo de petróleo e a taxas de frete mais baixas), o modelo da indústria marítima evoluiu de uma cadeia de suprimentos integrada (que utilizava embarcações próprias e fretadas), para um sistema baseado em negociação, usando embarcações afretadas. Como resultado de uma

sistematização que não reconhecia diferenciação na qualidade operacional, combinada com o longo período de baixas taxas de frete, desencadeou-se uma pressão de custo que encontrou fraqueza nos regimes de conformidade de bandeira e classe, levando à redução de pessoal e “casualização” da tripulação do navio (perda de competência e experiência profissionais). Incentivada por essas raízes, e, devido ao grande número de incidentes de poluição de navios-tanque nas décadas de 80 e 90, Shaw (20-?a) afirma que a transição para o paradigma “processual” começou a acontecer.

Shaw (20-?a) também destaca que, no final dos anos 90, a IMO implantou o *International Safety Management Code* (ISM) com a suposição subjacente de que uma tarefa poderia ser desconstruída e analisada a fim de que instruções fossem produzidas, as quais poderiam ser facilmente seguidas por um operador minimamente qualificado, uma vez que os resultados seriam “repetíveis” – apenas a observância de procedimentos implicaria em melhoria da segurança. Novas legislações ambientais também foram surgindo devido à crescente preocupação ambiental (emissões atmosféricas, gases de efeito estufa e tratamento de água de lastro). Após o “11 de setembro”⁴ e o aumento da pirataria no “Chifre da África”⁵ e em outras áreas, foi criado o código ISPS, que exigia sua integração aos sistemas de gerenciamento. Tantas questões importantes a serem gerenciadas, além da mudança do padrão de negociações comerciais, da intensidade das operações, do tempo de permanência no porto, das avarias e acidentes com equipamentos por falta de manutenção planejada, do nível de automação insuficiente, do número de tripulantes reduzido, da não-ergonomia para acesso aos equipamentos, de inspeções portuárias constantes, de sistemas de manutenção planejada deficientes e da falta de confiabilidade nos equipamentos, ocasionaram a complexidade da atividade, conflitos de objetivos a bordo de navios e uma carga de trabalho excessiva à tripulação (Figura 05). Um clássico conflito de objetivos é a questão da segurança versus lucro (Figura 06).

⁴Evento terrorista ocorrido na data de 11/Set/2001 nos EUA. Sinalizou à comunidade marítima internacional a relevância da *security* para as atividades ao mar.

⁵Região mais oriental do continente africano (Somália e proximidades), onde eventos de pirataria foram recorrentes.

todas as partes envolvidas nas operações do navio a levar esses fatores em consideração ao tomar decisões operacionais. Pela Resolução A.947 (23) de 2003, a IMO também ressalta a necessidade de maior foco nas atividades relacionadas ao ser humano na operação segura de navios e a necessidade de atingir e manter altos padrões de segurança e proteção ambiental com o objetivo de reduzir significativamente os acidentes marítimos, reconhecendo a alta prioridade no programa de trabalho da Organização de questões referentes aos elementos humanos. Já a Resolução A.947 (23) de 2003 da IMO destaca, como princípio, a questão multidimensional complexa que é o elemento humano, ao afetar a segurança marítima e a proteção ambiental marinha. A premissa é a de envolver todo o espectro de atividades humanas realizadas pelas tripulações dos navios, gerenciamento em terra, órgãos reguladores, organizações reconhecidas, estaleiros, legisladores e outras partes relevantes, todos os quais precisam cooperar para lidar com questões de elementos humanos de maneira eficaz. Conforme a Resolução A.947 (23) existe uma sólida compreensão do envolvimento de elementos humanos na causa de acidentes, devendo haver a busca de aplicação de ação corretiva eficaz, a partir de análise sistemática de acidentes, dos fatores contribuintes, e da cadeia causal de eventos.

No entanto, apesar da atenção prestada ao elemento humano, uma questão anterior (fundamental e basilar) observada pela IMO, é a de que os acidentes marítimos, de fato, não podem ser tolerados; como também, a sustentabilidade da atividade marítima não deve ser adiada.

Para a IMO (2008), inúmeros exemplos de colisões e encalhes poderiam ter sido evitados, se houvesse um acompanhamento adequado da navegação; e, em termos de análise da confiabilidade humana na atividade da navegação, a presença de alguém verificando o processo de tomada de decisão aumenta a confiabilidade em um fator de 10.

A latente preocupação e busca por soluções para as problemáticas da segurança e da sustentabilidade da atividade marítima configura o início de uma nova era para a navegação; que proporciona uma expectativa curiosa para um modo inédito de se navegar (digital-interativo), caracterizado pela implementação de tecnologia, e mesmo, inteligência artificial, no acompanhamento, gerenciamento e desenvolvimento da arte da navegação.

Essa é concepção da *e-Navigation*, segundo a IMO (2008), que visa atender às necessidades atuais e futuras dos usuários por meio da

harmonização dos sistemas de navegação marítima e do apoio aos serviços em terra, com o objetivo geral de melhorar a segurança da navegação (*safety* e *security*), e reduzir erros, tornando a navegação e as comunicações marítimas mais confiáveis e amigáveis ao usuário.

Como bem ressaltado por Shaw (20-?a), uma mudança de paradigma não é tão fácil quando o antigo paradigma se encontra bem estabelecido e investido – a transição acontece numa perspectiva temporal, em cenários.

A *e-Navigation* marca o início de uma nova fase da atividade marítima internacional, conforme Ferreira (2019), no entanto, o momento cronológico dessa transição não acontece de maneira simultânea (e nem deve acontecer) – há a necessidade de desenvolvimento e acesso à ciência e tecnologia (C&T) para a sua plena efetivação. A correta percepção referente ao início dessa nova era para a navegação comercial marítima já é uma realidade em Estados “mais desenvolvidos”, como também, ações estão sendo tomadas, no sentido dessa mudança de paradigma.

Também a implementação do conceito não deve ser avulsa, sem critérios, ou, apenas para fins de regulamentação legal; mas científica, a partir de estudo técnico de diversos profissionais aptos marítimos, dentre outros, competentes e qualificados, em suas respectivas categorias de profissionalização, seguindo uma sequência e metodologia gradual, baseada em domínio de tecnologia nacional, de preferência (principalmente, devido à abordagem *security* do conceito), e capacitação de pessoal – o que requer tempo, interesse, investimento e estabilidade política. Sendo a aptidão tecnológica científica crescente numa curva exponencial, tal perspectiva chega a ser urgente em países considerados “menos desenvolvidos”.

E-NAVIGATION: POSSÍVEL SOLUÇÃO INTELIGENTE, SAFETY E SUSTENTÁVEL PARA UMA NOVA ERA

A *e-Navigation* foi iniciada por uma proposta conjunta entre o Japão, Ilhas Marshall, Holanda, Noruega, Cingapura, Reino Unido e os EUA, ao Comitê de Segurança Marítima (MSC) da IMO em sua octagésima primeira sessão, em 2006 (MSC 81/23/10). Foram aprovados pelo MSC, após esta proposta, a estratégia para o desenvolvimento e implementação da *e-Navigation* e o prazo para tal, conforme estabelecido no MSC 85/26 Add 1 (Anexo 20) e no MSC 85/26 Add.1 (Anexo 21), respectivamente – a

IMO, portanto, optou pela *e-Navigation*, concordando com sua definição e principais objetivos. Em 2008, foi adotada a estratégia de desenvolvimento e implementação da *e-Navigation* (BALDAUF e HONG, 2016).

O conceito *e-Navigation* é amplo (PATRAIKO e WEINTRIT, 2010); sendo definido como “a coleta, integração, intercâmbio, apresentação e análise harmonizadas de informações marítimas a bordo e em terra, por meios eletrônicos, para melhorar a navegação e serviços relacionados, para segurança e proteção no mar e proteção do meio marinho” (IMO, 2008).

Ferreira (2019) ressalta que a *e-Navigation* não é, apenas, a “navegação eletrônica”, e sim, a interação *on-line* da navegação eletrônica (aprimorada), utilizada por usuários (a bordo, ou, em terra) com centros de controle, em terra; nos mais variados aspectos de utilização. É um conceito “em aberto”, que não se limita – uma visão nova e moderna para a integração de ferramentas de navegação existentes e “futuras”, de maneira holística e sistemática; que permitirá a transmissão, manipulação e exibição das informações de navegação em formato eletrônico digital, em tempo real, utilizando, inclusive, a inteligência artificial.

A IMO (2008) apresenta os principais objetivos do conceito *e-Navigation*:

- (i) facilitar a navegação segura e protegida das embarcações, levando em consideração informações e riscos hidrográficos, meteorológicos e da navegação;
- (ii) facilitar a observação e gerenciamento do tráfego de embarcações nas instalações costeiras, quando apropriado;
- (iii) facilitar as comunicações, incluindo a troca de dados, entre navios, navios para terra, terra para navio, costa para terra e outros usuários;
- (iv) oferecer oportunidades para melhorar a eficiência do transporte e da logística;
- (v) apoiar a operação eficaz de resposta a contingências e serviços de busca e salvamento;
- (vi) demonstrar níveis definidos de precisão, integridade e continuidade apropriados a um sistema crítico de segurança;
- (vii) integrar e apresentar informações, a bordo e em terra, por meio de uma interface homem-máquina, que maximiza os benefícios de segurança na navegação e minimiza os riscos de confusão ou má interpretação, por parte do usuário;
- (viii) integrar e apresentar informações, a bordo e em terra, para gerenciar a carga de trabalho dos usuários, além de motivar e envolver o usuário e apoiar a tomada de decisão;
- (ix) incorporar requisitos

de treinamento e familiarização para os usuários, durante todo o processo de desenvolvimento e implementação; (x) facilitar a cobertura global, padrões e acordos consistentes, e compatibilidade e interoperabilidade mútua de equipamentos, sistemas, simbologia e procedimentos operacionais, a fim de evitar possíveis conflitos entre os usuários; e (xi) suporte ao acesso, para facilitar o uso por todos os usuários marítimos em potencial.

E, os principais benefícios da *e-Navigation*, de acordo com a IMO (2008), são:

(i) melhoria da segurança, através da promoção de padrões em navegação segura, firmado por: (a) melhor suporte à decisão, permitindo que o marítimo e as autoridades competentes em terra possam selecionar informações relevantes, não ambíguas, pertinentes às circunstâncias prevaletentes; (b) redução do erro humano por meio do fornecimento de indicadores automáticos, avisos e métodos à prova de falhas; (c) melhor cobertura e disponibilidade de cartas eletrônicas de navegação (ENC's), de qualidade consistente; (d) introdução de equipamento padronizado, mas sem restrições para inovações; (e) maior resiliência do sistema de navegação, resultando em maior confiabilidade e integridade; e (f) melhor integração entre sistemas, em navios e em terra, levando a uma melhor utilização de todos os recursos humanos; (ii) melhor proteção do meio ambiente devido a: (a) melhora da segurança da navegação, como acima, reduzindo assim o risco de colisões e encalhes e os derramamentos e poluição associados; (b) redução de emissões, com a utilização de rotas e velocidades ideais; e (c) aprimoramento da capacidade de resposta e tratamento de emergências, como derramamentos de óleo; (iii) segurança aumentada, ativando o modo de operação silenciosa para as partes interessadas em terra, a fim de maior vigilância e monitoramento de domínio; (iv) maior eficiência e custos reduzidos, possibilitados por: (a) padronização global e aprovação de tipo de equipamento, aumentada por um processo de gerenciamento de mudanças acelerado (em relação às normas técnicas para equipamentos); (b) procedimentos automatizados e padronizados de geração de relatórios, levando a despesas gerais administrativas reduzidas; (c)

melhoria da eficiência do passadiço, permitindo que os oficiais de quarto maximizem o tempo, para manter uma observação adequada e adotar as boas práticas existentes, por exemplo, usando mais de um método para determinar a posição do navio; e (d) integração de sistemas já existentes, precipitando o uso eficiente e coerente de novos equipamentos que atendam a todos os requisitos do usuário; (v) aprimoramento do gerenciamento de recursos humanos, aprimorando a experiência e o *status* da equipe do passadiço.

À medida que o transporte marítimo se move para o mundo digital, a IMO espera que a *e-Navigation* forneça informações e infraestrutura para o benefício da segurança marítima e da proteção do ambiente marinho, reduzindo os encargos administrativos e aumentando a eficiência do comércio e dos transportes marítimos. Também se reconhece que o desenvolvimento futuro da *e-Navigation* será um processo contínuo, seguindo as necessidades do usuário por funcionalidades adicionais dos sistemas existentes e possíveis futuros (por exemplo, implementação de sistemas embarcados e/ou sistemas de apoio à decisão de navegação, em terra). À medida que as necessidades dos usuários forem evoluindo e novas tecnologias forem introduzidas, outras soluções de navegação eletrônica poderão ser incorporadas à estratégia, conforme apropriado (IMO, 2014).

Weinrit (2016, p.7) ressalta que a aplicabilidade da *e-Navigation* não é estática, uma vez que a evolução tecnológica é contínua, em direção a melhorias e adaptações do conceito, no sentido de apoiar os objetivos referentes à segurança operacional, como também, à redução de custos das empresas e armadores.

E os passos seguintes, para a efetivação da prática da navegação a partir desse novo conceito (*e-Navigation concept*), já foram vislumbrados pela comunidade marítima internacional – as “embarcações autônomas” ou “navios autônomos”, como vêm sendo comumente conhecidos. No entanto, a terminologia IMO empregada para esse tipo de embarcação é específica: o Comitê de Segurança Marítima (MSC), que trata de assuntos relacionados à segurança marítima no escopo da IMO, em sua 98ª sessão (MSC 98, de 07 a 16/06/2017) (IMO, 2017a) referenciou os primeiros passos para lidar com “navios autônomos”, adotando o termo *Maritime Autonomous Surface Ships* (MASS) para essas embarcações, e classificando-as conforme métricas de autonomia:

- a. Navio com processos automatizados e suporte à decisão: os marítimos estão a bordo para operar e controlar os sistemas e funções a bordo. Algumas operações podem ser automatizadas.
- b. Navio controlado remotamente com marítimos a bordo: o navio é controlado e operado a partir de outro local, mas os marítimos estão a bordo.
- c. Navio controlado remotamente sem marítimos a bordo: O navio é controlado e operado a partir de outro local. Não há marítimos a bordo.
- d. Navio totalmente autônomo: o sistema operacional do navio é capaz de tomar decisões e determinar ações por si só.

Embarcações com certo grau de autonomia (com tripulação reduzida – *autonomous ships*) e/ou remotamente controladas (sem tripulação – *unmanned ships*) (FERREIRA, 2019) já poderão ser testadas. O Comitê de Segurança Marítima (MSC.1-Circ.1604), em sua 101a sessão (de 14/06/2019), aprovou as diretrizes provisórias para os testes e prova-de-mar de *Maritime Autonomous Surface Ships* (MASS), sendo da responsabilidade da Administração do Estado de bandeira autorizar uma embarcação a ser testada. Quando necessário, a autorização também deverá ser obtida do Estado costeiro e/ou Autoridade *Port State* onde o teste será realizado. Instrumentos individuais estabelecerão as obrigações e responsabilidades das autoridades competentes (IMO, 2019).

A Autoridade Marítima Brasileira iniciou os esforços no sentido da implementação do conceito. De acordo com o Regulamento Provisório para Operação de Embarcação Autônoma em Águas Jurisdicionais Brasileiras⁶, divulgado pela Portaria N°59/DPC, de 19/02/2020, a Marinha do Brasil regulamenta a operação de MASS, bem como sua interação e coexistência com as embarcações convencionais (BRASIL, 2020).

Patraiko e Weintrit (2010) afirmaram acertadamente que o sucesso da *e-Navigation* dependerá fortemente da aplicação adequada do elemento humano ao longo de seu desenvolvimento e implementação. Assim,

⁶ Compreendem as águas interiores e os espaços marítimos, nos quais o Brasil exerce jurisdição, em algum grau, sobre atividades, pessoas, instalações, embarcações e recursos naturais vivos e não vivos, encontrados na massa líquida, no leito ou no subsolo marinho, para os fins de controle e fiscalização, dentro dos limites da legislação internacional e nacional. Esses espaços marítimos compreendem a faixa de duzentas milhas marítimas contadas a partir das linhas de base, acrescida das águas sobrejacentes à extensão da Plataforma Continental além das duzentas milhas marítimas, onde ela ocorrer (BRASIL, 2013).

esforços precisam ser feitos para envolvê-lo em todas as etapas, desde o design do sistema, até o desenvolvimento, implementação e operação da *e-Navigation*.

Os marítimos precisam estar devidamente treinados em ambientes virtuais inteligentes– “qualificados para operar o MASS” e “competentes”, conforme a IMO (MSC 101, de 14/06/2019; e, Resolução A.1110(30) de 08/12/2017) – refletindo a excelência profissional marítima somada à *expertise* digital-tecnológica, para enfrentar a realidade dessa nova era, e a continuidade da atividade mercante (ramo comercial da navegação) fundamental para o crescimento e desenvolvimento de um Estado. O devido apoio ao homem (e mulher) do mar, com a facilitação do aperfeiçoamento profissional (Ensino Profissional Marítimo e outros; por exemplo, em C&T), bem como, uma específica preparação em simuladores de centros de controle de tecnologia de ponta.

O elemento humano jamais deve ser negligenciado, para Ferreira (2019), uma vez que o objetivo é tornar a atividade de navegação mais eficiente e aprimorada. A ideia válida seria a de utilizar a tecnologia em parceria, já que, somente o ser humano possui a capacidade de aperfeiçoar os seus métodos de trabalho para produzir qualitativamente – fazendo uso de seu potencial ousado, criativo, e simplesmente, único (quando aborda os percalços impostos pela atividade profissional marítima de uma maneira inédita), que apenas precisa ser explorado individualmente.

Bastante interessante é a relação contemporânea-revolucionária entre a implementação tecnológica de sistemas autônomos artificialmente inteligentes no âmbito civil e no âmbito militar. Poderia ser o caso de uma RAM (Revolução dos Assuntos Militares)⁷, uma vez que, “normalmente, as tecnologias que sustentam uma revolução militar costumam ser originalmente desenvolvidas fora do setor militar e depois “importadas” e exploradas para suas aplicações militares. De fato, todas as revoluções militares dos últimos dois séculos são, em um sentido real, derivadas das revoluções industrial e científica que foram centrais, definindo processos da história ocidental moderna” (KREPINEVICH, 1994).

⁷ Conforme Baylis *et al* (2018) é um evento relativamente raro, quando tecnologias são combinadas para produzir uma transformação fundamental na forma como um conflito e/ou guerra é travada. Desde meados do século XIX, a mudança na tecnologia militar se tornou uma constante, num processo normalmente evolutivo, irregular, mas que, ocasionalmente, possibilita a junção de desenvolvimentos tecnológicos que podem produzir transformações mais amplas (revolução).

Nesse contexto, a *e-Navigation* é fundamental para a salvaguarda de interesses nacionais – daí a necessidade de investimentos financeiros para o acesso, implementação, aprimoramento, e desenvolvimento da tecnologia. Por ser um conceito amplo, pode revolucionar também paradigmas e táticas de defesa e ataque, concedendo oportunidades aos mais específicos profissionais – de diversas faixas etárias, inclusive – para atuarem de maneira verdadeiramente inteligente (não apenas artificial) e inusitada.

O último nível de autonomia (embarcações totalmente autônomas e sem tripulação) proposto pelo conceito da navegação artificial para a atividade marítima ainda provoca debates. As questões de *cyber* ataques à organizações, guerra espacial, pirataria, e terrorismo, por exemplo, têm sido bastante consideradas – inclusive em pautas de reuniões de Comitês de Segurança IMO.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito *e-Navigation* e sua inovadora perspectiva *safety*, sustentável (e mesmo, artificialmente inteligente) foi internacionalmente adotado numa “promessa” para a solução das problemáticas mais preocupantes da navegação comercial; demarcando o início de uma nova era para a atividade marítima, a partir da implementação, até mesmo irrestrita, de ferramentas tecnológicas digitais-interativas.

Não há dúvidas de que, numa primeira fase, cenários *safety*, sustentáveis e inteligentes para a navegação, podem ser alcançados. Tecnicamente, a redução ou substituição do elemento humano marítimo, dentro de condições específicas, é possível, e com a apreciação regulamentar favorável da IMO, uma vez que, se a ferramenta aplicada for “equivalentemente humana”, será válida. A IMO (2008) apenas destaca que a substituição do elemento humano só não pode ser “inadequada” – entende-se, “arriscada”.

A *e-Navigation* é uma revolução do modo comercial de executar a navegação, um conceito totalmente “em aberto”, que exigirá, para sua implantação plena, alto investimento financeiro e tecnológico (de ponta), por apresentar o potencial de alterar completamente modelos da atividade econômica nacional anteriormente estabelecidos, como embarcações e empresas; portos e estruturas portuárias; centros de controle do tráfego marítimo e centros operacionais de controle; escolas de formação, centros

de instrução, centros de adestramento, e academias militares; simuladores de navegação, e etc.

É importante destacar que o conceito *e-Navigation* é plenamente projetado – em todos os aspectos – sobre o conceito da navegação convencional marítima, como uma sombra. Portanto, não se abandona, simplesmente, a “era anterior” e nem os seus princípios fundamentais (gerenciais e operacionais) – apenas se acrescenta. Também, a *expertise* em navegação dos profissionais que atuam no ramo é essencial para o desenvolvimento da tecnologia própria, uma vez que há o envolvimento de questões *security*. A estratégia para sua implantação é o real investimento humano e em C&I, com o emprego de profissionais qualificados.

Ademais, para o caso de capacitação para o futuro, as academias militares de formação naval, deverão estar adaptadas ao ensino exato da navegação, de forma prática-experimental, técnico-científica e real-virtual, aprimorando profissionais militares para a tomada de decisão, condução e gerenciamento da navegação de um “sistema autônomo”, por exemplo. Também, a mesma preparação, com pleno aproveitamento, para a categoria mercante – pessoal especializado na atividade da navegação *offshore* e comercial, que atua nos mais assimétricos tipos de embarcações, e em diferentes modalidades, operacionalmente capacitados, com experiência em inóspitos cenários marítimos, e que pertence ao quadro da reserva da força marítima nacional – seria relevante.

Até que o patamar tecnológico da máxima autonomia das embarcações seja plenamente alcançado, o elemento humano estará à frente das operações no mar, tomando decisões. Por hora, “rumo” deve estar orientado para o futuro – a fim de se obter a percepção desse novo modo de conduzir embarcações.

Daí, certamente, haverá um momento em que a nova era da navegação artificialmente inteligente será surpreendida por situações imprevistas, circunstâncias adversas ou mesmo, falhas humanas, semelhantemente ao ocorrido em eras anteriores da navegação comercial, num ponto de inflexão; que limita a era anterior e inicia uma próxima. Eventos climáticos inéditos, que fogem aos padrões atmosféricos conhecidos para uma determinada região, e que estão sendo observados pela ciência da atmosfera (VAICBERG, 2017; CABRAL *et al*, 2017) podem impactar o emprego de sistemas marítimos autônomos, por exemplo.

Com relação às falhas humanas, uma vez que são intrínsecas do ser e alcançam os sistemas criados e desenvolvidos por humanos, mesmo

nos níveis máximos de autonomia da navegação marítima, elas certamente existirão – a dúvida é se serão percebidas (caso o elemento humano tenha sido eliminado).

E-NAVIGATION: SAFETY AND SUSTAINABLE SOLUTION FOR A NEW ERA?

ABSTRACT

On a temporal scale, from paradigm changes (managerial and operational), the way of carrying out the activity at sea has evolved, added to fundamental technological tools. Despite the regulation of the International Maritime Organization (IMO) in the search for safety, security, and sustainable solutions, maritime accidents continued to happen – in a simple causal approach, due to “human errors”. Since the damages resulting from such circumstances are incalculable, it was found that navigation could be improved with the assistance of technology, in order to provide greater control of human actions – e-Navigation concept – which characterizes the beginning of a new era for navigation. The present study intends to analyze e-Navigation as a solution for the safety and sustainable aspects of the maritime environment, in an application of Nautical Sciences by an inductive method, associated with a technical-scientific proposal that presents the paradigm shifts of maritime commercial activity (oil sector) in specific time points (eras); with such analysis applicable to the entire shipping industry. It was found that, at an early stage, “smart”, safety and sustainable solutions for commercial navigation may be possible; but only up to a certain limit (inflection point), when unforeseen situations, adverse circumstances or human failures, for example, happen.

Key-words: Navigation security; Safety (of navigation); Sustainability; Human Error; E-Navigation.

REFERÊNCIAS

APOSTOL-MATES, R.; BARBU, A. Human Error – The Main Factor in Marine Accidents. **Mirceacel Batran Naval Academy Scientific Bulletin**, v. 19, n. 2, 2016.

BALDAUF, M.; HONG, S. Improving and Assessing the Impact of e-Navigation applications. **Science Direct International Journal of e-Navigation and Maritime Economy**, v.4, p. 001-012, 2016.

BAYLIS, J.; WIRTZ, J.; GRAY. C. S. **Strategy in the Contemporary World**. USA: Oxford University Press, 2018.

BEIRÃO, A. P. “Segurança no mar”: que segurança. In: BEIRÃO, A. P.; PEREIRA, A. C. A. (org.). **Reflexões sobre a Convenção do Direito do Mar**. 1. ed. Brasília, DF: Fundação Alexandre de Gusmão, 2014. p. 127-166.

BEIRÃO, A. P. Uma proposta de delimitação da Segurança Marítima do Atlântico Sul. In: ALMEIDA, F. E. ALVES; MOREIRA, W. S. (org.). **Estudos Marítimos: visões e abordagens**. 1. ed. São Paulo: Humanitas, 2019. p. 153-176.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas. Normas da Autoridade Marítima para Inquéritos Administrativos sobre Acidentes e Fatos da Navegação e para a Investigação de Segurança dos Acidentes e Incidentes Marítimos. **NORMAM-09/DPC**. 2003.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas. Normas da Autoridade Marítima para Operação de Embarcações Estrangeiras em Águas Jurisdicionais Brasileiras. **NORMAM-04/DPC**. 2013.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Normas da Autoridade Marítima para Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS). **NORMAM-26/DHN**. 2018.

BRASIL. Marinha do Brasil. Centro de Comunicação Social da Marinha. **Nota à Imprensa – Brasília/DF, de 31/10/2019**. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/nota_gaa_31out_0.pdf. Acesso em: 07 jul. 2021.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas. Regulamento

Provisório para Operação de Embarcação Autônoma em Águas Jurisdicionais Brasileiras. **Portaria N°59/DPC**, de 19/02/2020. 2020.

BRASIL. Marinha do Brasil. Centro de Comunicação Social da Marinha. **Nota à Imprensa – Brasília/DF, de 07/05/2021**. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/nota_a_imprensa_-_inquerito_do_oleo_07mai.pdf. Acesso em: 06 jul. 2021.

BUTT, N.; JOHNSON, D.; PIKE, K.; PRYCE-ROBERTS, N.; VIGAR, N. **15 Years of Shipping Accidents: A review for WWF**. [United Kingdom]: Southampton Solent University, 2013.

CABRAL, R. C. S.; VAICBERG, H.; OLIVEIRA, V.; PALMEIRA, A. C. P. A. O Ciclone Matthew e seus Impactos na Indústria Marítima. **Revista Marítima Brasileira**, v. 137, p. 194-210, 2017.

EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY (EMSA). **Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2018**. 2018.

FERREIRA, L. R. L. **Gestão Ambiental Sustentável do Modal Marítimo: uma Análise das Emissões de Dióxido de Carbono de Navios Movimentados na Baía de Guanabara**. 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

FERREIRA, L. R. L. **Erro Humano e o Conceito E-Navigation: A Fase de Transição e o Início de uma Nova Era para a Navegação**. 2019. Dissertação (Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica) – Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, 2019.

FORMELA, K.; NEUMANN, T.; WEINTRIT, A. Overview of Definitions of Maritime Safety, Safety at Sea, Navigational Safety and Safety in General. **The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation – TRANSNAV**, v.13, n.2, 2019.

GALE, H.; PATRAIKO, D. Improving navigational safety - The role of e-Navigation. **Seaways**, v.7, 4-8, 2007.

GALIĆ, S.; LUSIĆ, Z.; SKOKO, I. **The Role and Importance of Safety in Maritime Transportation**. In: INTERNATIONAL MARITIME SCIENCE CONFERENCE. 6., 2014, Croatia.

IMO. **Draft E-Navigation Strategy Implementation Plan**. NCSR 1/28, Annex 7. 2014.

IMO. **Fatigue Factors in Manning and Safety**. A 18/Res.772, Agenda item 11. 1993.

IMO. **Framework for the Implementation Process for the E-Navigation Strategy**. MSC85/26/Add.1, Annex 21. 2008.

IMO. **Human Element Vision, Principles and Goals for the Organization**. A 23/Res.947, Agenda item 17. 2003.

IMO. Marine Environment Protection Committee (MEPC). **Annex 10 - Resolution MEPC.264(68)**, May 2015. International Code for Ships Operating in Polar Waters (POLAR CODE). 2015.

IMO. Maritime Safety Committee (MSC) - 94th session. **Resolution MSC.385(94)**, Nov. 2014. International Code for Ships Operating in Polar Waters (POLAR CODE). 2014.

IMO. Maritime Safety Committee. **MSC 98, de 07 a 16/06/2017**. 2017.

IMO. **Polar Code – International Code for Ships Operating in Polar Waters**. 2016.

IMO. **Procedures for the Control of Operational Requirements Related to the Safety of Ships and Pollution Prevention**. A 18/Res.742, Agenda item 11. 1993.

IMO. **Strategy for the Development and Implementation of E-Navigation**. MSC85/26/Add.1, Annex 20. 2008.

IMO. **Strategic Plan for the Organization for the Six-Year Period 2018 to 2023**. Resolução A.1110(30), de 08/12/2017. 2017.

IMO. Maritime Safety Committee. **MSC 101, de 14/06/2019**. 2019.

KOPACZ, Z.; MORGAŚ, W.; URBAŃSKI, J. The Maritime Navigation, Its Environment and Its Safety System. **Annual of Navigation**, v. 4, 2002.

KREPINEVICH, A. F. Cavalry to computer: The pattern of military revolutions. **The National Interest**, n 37, p.30-42, 1994.

MARINE ACCIDENT INVESTIGATION BRANCH (MAIB). **Safety Digest: Lessons from Marine Accident Reports No 1/2019**. 2019.

MILESTONE for Polar Protection as Comprehensive New Ship Regulations Come Into Force. **IMO**, jan. 2017. Disponível em: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/02-Polar-Code.aspx>. Acesso em: jun. 2020.

PATRAIKO, D.; WEINTRIT, A. e-Navigation and the Human Element. **International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation – TRANSNAV**, v.4, n.1, 2010.

REASON, J. Human error: models and management. **BMJ**, v. 320, n. 7237, p. 768-770, 2000.

ROTHBLUM, M. A. **Human Error and Marine Safety**. US Coast Guard Risk-Based Decision-Making Guidelines. US Coast Guard Research and Development Center. 2006.

SHAW, M. L. **What's Behind Human Error?** IMarEST Technical Note - Human Element Working Group. Nautical Institute. Disponível em: <https://www.nautinst.org/uploads/assets/uploaded/80599dfa-957c-4347-8b0b70b92ec6bdec.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

SHAW, M. L. **What's Behind Human Error? – Organisational Factors**. Organisations IMarEST Technical Noteimo - Human Element Working Group. Nautical Institute. Disponível em: <https://www.nautinst.org/uploads/assets/uploaded/96c5433e-f77f-4ec4-a54dffaad7521c54.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

SUÁREZ, Karina. **Fogo no mar**: Pemex registra vazamento de gás em duto submarino no Golfo do México. *Jornal El País*, 2021. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/internacional/2021-07-03/fogo-no-mar-pemex-registra-vazamento-de-gas-em-duto-submarino-no-golfo-do-mexico.html>. Acesso em: 06 jul. 2021.

VAICBERG, H. **Caracterização Sinótica de Três Episódios de Ciclones Subtropicais na Costa Sul e Sudeste do Brasil Utilizando o SRDAS**. 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

WEINTRIT, A. **Navigational and Hydrographic Aspects of Sea-River Navigation in Poland (in Polish):** Nawigacyjno-hydrograficzne aspekty żeglugimorskorzecznejw Polsce. Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia. 2010.

WEINTRIT, A. e-Nav, Is It Enough? **The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation – TRANSNAV**, v. 10, n.4, 2016.

Recebido em: 24/02/2021

Aceito em: 15/10/2021