

## Os impactos ambientais dos “*Maritime Autonomous Surface Ships*” (MASS)

Tiago Vinicius Zanella <sup>1</sup>  

Escola de Guerra Naval, EGN, Brasil

E-mail: tiagozanella@gmail.com

**Resumo:** Os meios autônomos já são uma realidade a ser considerada pelo direito e pela sociedade internacional. Em pouco tempo serão também uma realidade em todos os oceanos no mundo. Diante disso, é de extrema importância que os organismos internacionais, os Estados e a sociedade internacional estejam preparados para estes navios autônomos, que trazem novos desafios ao transporte marítimo internacional e ao direito do mar como um todo. Um destes desafios é justamente quais serão os impactos ambientais que estes “*Maritime Autonomous Surface Ships*” (MASS) trarão consigo. Isto é, quais as consequências para o meio ambiente marinho destes meios autônomos? É justamente este o objetivo do presente artigo, entender os impactos ambientais dos MASS e quais os novos desafios que a humanidade terá que enfrentar com o eminente advento destes navios. Neste sentido, o texto analisou quais as vantagens e desvantagens destas embarcações para o meio ambiente e, em especial, quais os cuidados o conjunto que a sociedade internacional precisa ter para proteger e preservar o meio marinho com estas novas tecnologias.

**Palavras-Chave:** Meios Autônomos; Direito do Mar; Meio Ambiente Marinho.

### The environmental impacts of the “*maritime autonomous surface ships*” (MASS)

**Abstract:** Autonomous ships are already a reality. They are on the agenda of international law and international society in general. In a short time, it will also be a reality in all the world's oceans. Thus, it is extremely important for international organizations, States, and international society to be prepared for these autonomous ships. They will bring new challenges to the law of the sea and to international maritime transport. One of these challenges is precisely what are the environmental impacts that these “*Maritime Autonomous Surface Ships*” (MASS) will bring with them. That is, what are the consequences for the marine environment of these autonomous ships? This is precisely the objective of this article: to understand the environmental impacts of MASS and the new challenges humanity will have to face with the imminent advent of these ships. In this sense, it will be demonstrated what are the advantages and disadvantages of these vessels for the environment and, in particular, what care the world needs to take to protect and preserve the marine environment due to the advent of these new technologies.

---

<sup>1</sup> Pós Doutor pela Escola de Guerra Naval (EGN). Doutor em Ciências Jurídico-internacionais e Europeias pela Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa; Mestre em Direito Internacional e Relações Internacionais pela Faculdade de Direito de Lisboa; bacharel em Relações Internacionais pelo Unicuritiba; Advogado e bacharel em Direito pela Faculdade de Direito de Curitiba. Professor Colaborador da Escola de Guerra Naval (EGN). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-7157>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4939388593381401>. E-mail: tiagozanella@gmail.com.

**Keywords:** Autonomous Ships; Law of the Sea; Marine Environment.

## 1. INTRODUÇÃO

Como resultado dos modernos desenvolvimentos tecnológicos de nossa época, embarcações autônomas e controladas remotamente estão a se tornar uma realidade, trazendo consigo grandes desafios para a sociedade internacional (LIU, 2018, p. 490). A empresa Kongsberg Gruppen, em colaboração com a Yara, está a produzir o primeiro navio porta-contêineres totalmente elétrico e autônomo do mundo, com zero de emissões, operando ao longo da costa da Noruega (denominado "YARA Birkeland")<sup>2</sup>.

Com o rápido desenvolvimento da inteligência artificial, as tecnologias não tripuladas podem diminuir o custo do transporte marítimo além de outros benefícios. No entanto, para sistemas autônomos marinhos, o planejamento de trajetos e a prevenção de obstáculos são novos assuntos de pesquisa e tópicos importantes a serem analisados.

A transição para essa nova era dos não tripulados (autônomos) desafia mais do que a tecnologia. Os navios autônomos terão que encontrar seu lugar no quadro jurídico internacional, que atualmente demanda a presença de uma tripulação a bordo. Assim, o debate internacional sobre navios autônomos não tripulados, que ganhou impulso significativo nos últimos anos, alcançou recentemente o principal órgão regulador internacional do transporte marítimo: a Organização Marítima Internacional (IMO)<sup>3</sup>. O ponto de partida foi a decisão tomada pela organização de incluir a questão dos *Maritime Autonomous Surface Ships* (MASS) na sua agenda. Isso ocorreu através do Comitê de Segurança Marítima (MSC) em sua 98ª Sessão, de 7 a 16 de junho de 2017, que decidiu realizar um exercício de escopo regulatório para determinar como uma operação segura e ambientalmente correta dos MASS pode ser introduzida nos instrumentos da IMO. Sobre a questão da regulação dos MASS, afirma RINGBOM (2019, p. 24):

“Should the IMO decide to broaden the current limited regulatory scoping exercise, a series of issues that go beyond the current provisions in existing conventions will have to be addressed. (...) While regulation of automation is by no means a new topic for the organization, the available precedents are not analogous to the issues raised by the development of MASS and are thus of limited assistance and guidance for the organization. The novelty of the subject represents an argument in favor of developing a new instrument to specifically address the various aspects of highly automated and autonomous Ships”.

A utilização de meios autônomos traz algumas vantagens notórias. Como observa PEDROZO (2019, p. 211): “because they reduce risk to human life, unmanned systems are becoming the preferred alternative for dull, dirty or dangerous missions”. Além disso, os meios marítimos autônomos podem permanecer no mar por períodos mais longos do que os navios com tripulações, podem expandir as áreas de operação, potencialmente preencher lacunas de capacidade e, principalmente, reduzir os custos do transporte marítimo. Todos estes benefícios podem ser

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.yara.com/news-and-media/press-kits/yara-birkeland-press-kit/>. Acesso em: 08 nov. 2023

<sup>3</sup> Para um aprofundamento na discussão regulatória dos MASS ver CHIRCOP, 2019, p. 18-32.

vantajosos para os armadores, contudo, o mesmo vale para a sociedade em geral?

Para RENSBURG (2018. P. 2-3): “Little is currently know about the impact that the technological innovation of autonomous ships will have on the shipping as a link within a larger supply chain, and hence also of the impact on the Shipping Industry that that relies on the supply chain”. Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar quais são os impactos ambientais sobre o meio marinho decorrentes da utilização destes meios autônomos.

## **2. CLASSIFICAÇÃO DOS MEIOS AUTÔNOMOS QUANTO AO NÍVEL DE CONTROLE**

Não é o objetivo deste artigo se aprofundar na discussão jurídica conceitual dos Maritime Autonomous Surface Ships. Todavia, para o melhor entendimento e análise dos possíveis impactos ambientais da utilização dos MASS, há que se ter muito claramente o que são realmente “meios autônomos” e, em especial, sua classificação quanto ao nível de controle. Apenas deste modo será possível, mais a frente, analisar as prováveis vantagens e desvantagens destes meios autônomos, uma vez que o nível de autonomia – e de tripulação a bordo – influência diretamente nestes impactos ambientais.

Em primeiro lugar, já em 2017 na 98ª Sessão do MSC, a IMO definiu os graus de autonomia identificados para a finalidade do exercício de escopo que se propunha<sup>4</sup>:

Primeiro grau: Navio com processos automatizados e suporte à decisão: os marítimos estão a bordo para operar e controlar os sistemas e funções do navio. Algumas operações podem ser automatizadas e, às vezes, não supervisionadas, mas com marítimos a bordo prontos para assumir o controle.

Grau dois: Navio controlado remotamente com marítimos a bordo: O navio é controlado e operado a partir de outro local. Os marítimos estão disponíveis a bordo para assumir o controle e operar os sistemas e funções do navio.

Grau três: Navio controlado remotamente sem marítimos a bordo: O navio é controlado e operado a partir de outro local. Não há marítimos a bordo.

Grau quatro: Navio totalmente autônomo: O sistema operacional do navio é capaz de tomar decisões e determinar ações por si só.

Por outro lado, o Brasil acabou por adotar um Regulamento Provisório para Operação de Embarcação Autônoma, publicado no DOU em 21/02/2020 em que especifica de modo mais pormenorizado os tipos de controles aplicáveis às embarcações. Na verdade, o Brasil seguiu o modelo Europeu anteriormente elaborado pelo grupo de trabalho da European Defence Agency, intitulado Safety and Regulations for European Unmanned Maritime Systems (SARUMS)<sup>5</sup>.

Segundo o regulamento nacional são seis os níveis de controle:

Nível 0: Humano a bordo: a embarcação é controlada pelos controladores a bordo.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>. Acesso em: 08 fev. 2020.

<sup>5</sup> Já em 2015 o SARUMS publicou o que denominou de “Best practice guide for UMS handling, operations, design and regulations” contendo, entre outros, estes níveis de controle.

Nível 1: Controlada: toda a funcionalidade está a cargo do controlador humano. O controlador tem contato direto com a embarcação e toma todas as decisões, direciona e controla todas as funções da missão.

Nível 2: Direcionada: sob controle direcionado, algum grau de avaliação e capacidade de resposta é implementado na embarcação. Pode avaliar o ambiente, relatar sua situação e sugerir uma ou várias ações. Pode também sugerir possíveis ações para o controlador, solicitando-o informações ou decisões. No entanto, a autoridade para tomar decisões é do controlador. A embarcação atuará somente se for comandada e/ou permitido fazê-lo.

Nível 3: Delegada: a embarcação não tripulada é autorizada a executar algumas funções. Avalia o ambiente, relata situação, define as ações e relata sua intenção. O controlador tem a opção de modificar as intenções informada pela embarcação durante um certo tempo, após o qual a embarcação agirá. A iniciativa da ação emana da embarcação e a tomada de decisão é compartilhada entre o controlador e a embarcação.

Nível 4: Monitorada: e embarcação não tripulada avalia o ambiente e reporta sua intenção. Define as ações, decide e age relatando sua ação. O controlador pode monitorar os eventos.

Nível 5: Autônoma: a embarcação não tripulada, dotada de grau máximo de independência e autodeterminação, avalia o ambiente e sua situação. Define as ações, decide e age.

Nota-se que somente a partir do nível 3 é que existe uma real autonomia nos navios. Nos níveis 0, 1 e 2 quem comanda em última instância a embarcação é o controlador humano. Apenas nos níveis 3, 4 e 5 é que o navio é controlado por uma programa a bordo. Ademais, é apenas a partir do nível 3 que a embarcação é considerada como não tripulada. Estes fatores são importantes para a análise dos impactos ambientais dos meios autônomos, posto que o nível de controle e a ausência de tripulação a bordo influencia nas vantagens e desvantagens ambientais destes meios.

### **3. OS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS MASS**

#### **3.1. As vantagens da utilização dos MASS**

As vantagens da utilização dos meios autônomos, no que diz respeito a proteção e preservação do meio marinho, se concentram em duas principais: a redução da poluição pelas embarcações; e a diminuição do erro humano.

##### *3.1.1 Redução da poluição por embarcações*

A primeira vantagem, sob o ponto de vista ambiental, dos meios autônomos é a redução da poluição pelos navios. Isto ocorre, em primeiro lugar, em razão da ausência de tripulação a bordo. Esta ausência faz com que, por exemplo, não seja produzido lixo ou esgoto dentro do navio. Assim, com estes meios autônomos, a poluição por alijamento de materiais no mar fica eliminada. Isto é, não havendo tripulação a bordo, não há que se falar em poluição por alijamento de detritos no meio marinho.

Vale destacar que a poluição por alijamento, que responde por cerca de 10% da poluição

do meio ambiente marinho (SANDS; PEEL, 2012, p. 365), é uma importante fonte visível de poluição, que causa danos sensíveis ao ambiente. Ainda, que trata-se de uma poluição que, de modo geral, impõe riscos de danos para o ambiente marinho a muitos Estados, em benefício de um pequeno número de Estados industrializados e das maiores potências navais. Em outras palavras, os países mais desenvolvidos (via fonte terrestre) e com maiores frotas (via mar) tendem a despejar no mar maiores quantidades de materiais, muitas vezes, tóxicos, que poluem o meio marinho como um todo e atingem, muitas vezes, zonas costeiras de outros Estados (TANAKA, 2015, p. 312).

Sobre o alijamento de detritos no mar por navios, uma importante vantagem dos meios autônomos é a eliminação do lançamento de plásticos pelas embarcações. Não obstante a introdução destes polímeros pelos navios corresponder a 20% do total de plásticos introduzidos no meio marítimo (os outros 80% são via terrestre) (ZANELLA, 2019, p. 390), os MASS eliminam uma quantidade significativa deste poluente. Isto se torna efetivamente significativo na medida que a poluição por plásticos é um dos principais problemas ambientais marinho na atualidade. Trata-se de um material despejado em quantidades enormes e com potencial para degradar de forma significativa o ambiente marinho. Como afirmam LAVENDER, *et al*; 2010, p. 1185) “Plastics are a major contaminant in the world’s oceans”.

Outra forma de poluição marinha que pode diminuir com os MASS é a sonora. As embarcações são potencialmente causadoras de poluição sonora, que, nos últimos anos se tornou uma preocupação real dos organismos internacionais. Sobre este tópico, é ilustrativa a afirmação de PRIMO, BARRETO e MONT ALVERNE (2018):

“Os efeitos nocivos da emissão de ruídos antropogênicos nos oceanos, outrora ignorados, ocupam hoje papel de destaque entre as preocupações da sociedade internacional. O tema constituiu, inclusive, pauta de debate na Conferência dos Oceanos, evento mundial destinado à promoção do desenvolvimento sustentável no âmbito dos mares e oceanos, realizado sob os auspícios da ONU, em junho de 2017, em Nova Iorque”.

Estes navios autônomos, por serem necessariamente mais modernos tendem a emitir níveis menores de poluição sonora, o que contribui para a diminuição do stress que a navegação marítima internacional causa no ambiente marinho.

Em segundo lugar, a redução da poluição por embarcações, se dá pelo avanço das tecnologias empregadas. Estes navios mais modernos tendem a utilizar menos energia e emitir menos poluentes. Não se trata de uma vantagem unicamente dos meios autônomos. Todos os navios mais modernos, mesmo que com tripulação a bordo, podem ter esta vantagem ambiental em relação às embarcações mais antigas. Contudo, em razão de toda tecnologia necessariamente empregada nos meios autônomos, estes tendem a poluir menos o ambiente no que concerne, por exemplo, a emissão de gases e óleo no meio marinho. Neste sentido, destacam LI; FUNG (2019, p. 335) “Using battery as its means of propulsion, it is believed that the unmanned vessel should be free from any emission and reduce air pollution to the environment”. O citado navio “YARA Birkeland”, por exemplo, será elétrico. Isto é, não emitirá gases poluentes atmosféricos resultantes da queima de combustível fóssil. Além disso, não irá introduzir óleo, o que ocorre naturalmente com as demais embarcações.

Este menor consumo de energia – ou consumo mais sustentável – com a diminuição ou até mesmo eliminação – nos casos dos navios elétricos – da utilização de combustíveis fósseis é particularmente importante no que diz respeito a poluição por óleo e a poluição atmosférica dos navios.

No que diz respeito a poluição por hidrocarbonetos, é importante ressaltar que a poluição por navios ocorrem de duas maneiras principais: em primeiro lugar, como resultado de acidentes marítimos que causam o derramamento de grandes quantidades de óleo no mar; e, em segundo lugar, através de descargas operacionais dos resíduos gerados pelas embarcações, que envolvem a inserção de poluentes em quantidades menores, mas cumulativamente significativas (ZANELLA, 2019, P. 329). Embora os acidentes com petroleiros sejam uma causa mais visível e dramática de poluição marinha, eles representam menos de 10% de todo o óleo derramado no mar<sup>6</sup>. A maior ameaça ainda vem de descargas deliberadas, como as operações de limpeza de tanques (ROBERTS, 2007, p. 47-48). Neste sentido, um navio mais sustentável, que consuma menos combustível fóssil ou mesmo elétrico, diminui ou elimina completamente a introdução de óleo no mar relativo as operações normais de um navio.

Já a respeito da poluição atmosférica, há que se destacar que este tipo de poluição tornou-se, nas últimas décadas, sem dúvidas, um problema ambiental a ser combatido (ZANELLA, 2018). O crescimento continuado da navegação marítima internacional tem sido acompanhado por um aumento proporcional na poluição atmosférica por embarcações em todo o mundo. São diversas as substância inseridas no ar pela queima do combustível dos navios, sendo que a emissão pode ter impactos locais e globais. Enquanto poluentes como Óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>); Óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e Material Particulado (PM) impactam na qualidade do ar local (ou regional), os gases de efeito estufa (por exemplo, Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>) têm um impacto climático global. Neste sentido, os MASS tendem a diminuir consideravelmente a emissão de gases poluentes, uma vez que mais modernos e, em especial, quando movidos a energia elétrica (LI; FUNG, 2019, p. 335). Sobre esta questão, afirma VILLA CARO (2018,p. 402):

“Eficiencia energética en la propulsión: mejora de la misma mediante la utilización de motores lentos más eficientes, sistemas híbridos (LNG/eléctricos) y soluciones de mayor innovación. Se deben desarrollar tecnologías energéticas más eficientes, ya que la propulsión del buque y la generación de energía tienen que ser áreas de desarrollo tecnológico en los años próximos, en las cuales se estudien los motores del futuro, los combustibles alternativos, los dispositivos de ahorro de energía de la propulsión, las fuentes de energía, la generación de energía híbrida renovable y las tecnologías de reducción de emisiones. Estos retos supondrán desafíos medioambientales y comerciales”.

### 3.1.2 Diminuição do erro humano

A atividade marítima é, sem dúvida, uma atividade arriscada, e os desastres marítimos ocorreram devidos ao ambiente complexo da operação do navio. Embora o transporte marítimo tenha

<sup>6</sup> Dados disponíveis em: [http://www.esa.int/esapub/br/br128/br128\\_1.pdf](http://www.esa.int/esapub/br/br128/br128_1.pdf). Acesso em: 08 nov. 2023. Que afirma na P. 2: “Only 7% of the oil in the sea can be directly attributed to accidents”. Mais estatísticas sobre os derramamentos acidentais no site da International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) em <http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics>. Acesso em: 10 mar. 2020.

uma taxa de mortalidade e lesões relativamente baixa (PORTELA, 2005, p. 4), as consequências de um acidente podem ser de grande alcance. As repercussões da poluição por óleo, por exemplo, podem reverberar por muitos anos e afetar empresas, pequenas economias e até Estados.

Neste sentido, um segundo grupo de vantagens dos meios autônomos, no que concerne a proteção e preservação do meio marinho é a diminuição do erro humano. Como resumem HOGG; GHOSH (2016, p. 206) “Those who embrace the technology advocate economic, safety and environmental benefits. For example, reduced number of mariners at sea brings wage savings and reduced risk of human errors that can lead to environmental disasters”.

Estima-se que mais de 80% dos acidentes ou indicantes com embarcações ocorrem por erro humano (PORTELA, 2005, p. 4). Estes erros podem ocorrer por diversos fatores, como uma diminuição no desempenho (por fadiga, estresse, problemas de saúde), capacidades técnicas e cognitivas insuficientes, competências interpessoais precários (dificuldades de comunicação, dificuldades para dominar uma situação comum, idioma), aspectos organizacionais (treinamento em segurança, gerenciamento de equipes, cultura de segurança).

Com a automação dos navios, a tendência é uma diminuição dos acidentes no mar, que muitas vezes causam graves poluições com derramamento de óleo e outras substâncias. Como os fatores humanos são a principal fonte de risco nas atividades marítimas, parece interessante desenvolver tecnologia que permita dirimir estes erros. Neste ponto, quanto mais autônomo o navio, potencialmente é menor a chance de erro humano<sup>7</sup>.

Por outro lado, embarcações autônomas monitoradas em terra exigirão sistemas de comunicação confiáveis entre o navio não tripulado e o controlador em terra. Os sistemas de comunicação são críticos para a segurança e proteção do meio ambiente e terão um alto custo. A operação eficiente e segura exigirá sistemas especializados, todos com redundância de operações.

Para os meios autônomos controlados inteiramente pelo computador de bordo e sua inteligência artificial, há que se ter um sistema altamente confiável e não passível de erros. Isto é, muitos testes terão que ser realizados para que um navio em último nível de controle (Nível 5: Autônoma), como visto anteriormente, possa operar com total segurança e efetivamente diminuir a quantidade de acidentes no mar. Em outras palavras, não adianta trocar o erro humano como causa de acidentes marítimos para erro dos computadores de bordo que controlam as embarcações autônomas. Os riscos de erro humano são eliminados, porém a embarcação não tripulada enfrentará novos desafios para operação efetivamente segura. Sobre a questão, afirmam HOGG; GHOSH (2016, p. 207):

“It is proclaimed that the incidence of human error will be significantly decreased on the unmanned merchant ship; however, the onboard technology requires calibration and maintenance by humans and the vessel requires constant monitoring from a shore control room where operators will be interpreting, absorbing and acting on information sent from the ship”.

---

<sup>7</sup> Para um aprofundamento nas consequências do erro humano nos acidentes marítimos ver CHAUVIN, Christine. *Human Factors and Maritime Safety*. The Journal of Navigation, Vol. 64, pp. 625–632; 2011. LARDJANE, Salim; MORELA, Gaël; CLOSTERMANN, Jean-Pierre; LANGARDA, Benoît; CHAUVIN, Christine. *Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS*. Accident Analysis and Prevention, Vol. 59, pp. 26–37; 2013.

Para evitar acidentes os MASS precisam conhecer o ambiente em que se encontram. Isto é, precisam entender o cenário ao seu redor e em sua rota, as adversidades do ambiente, identificar obstáculos e outros objetos para evitar colisões que possam gerar graves danos ao meio marinho. Interessante discussão a este respeito é feita por WANG; ZHANG; DONG (2019) no artigo “Path Planning of Maritime Autonomous Surface Ships in Unknown Environment with Reinforcement Learning”, em que os autores analisam os modos de aprendizagem do próprio navio autônomo e sua inteligência artificial para evitar qualquer intercorrência.

### **3.2 As desvantagens da utilização dos meios autônomos**

Não obstante as interessantes vantagens dos meio autônomos para a proteção e preservação do meio ambiente, existem algumas desvantagens, algumas preocupações e cuidados que a sociedade internacional precisa levar em conta em relação aos MASS. Em especial, há três principais grupos de desvantagens: o primeiro relacionado a lenta capacidade de resposta a acidentes no mar, posto que não há tripulação para qualquer tipo de contingenciamento e controle dos fatos; o segundo relacionado a restrição de transporte de algumas mercadorias; e o terceiro diz respeito a possíveis ataques cibernéticos que podem ocasionar acidentes e danos ao meio ambiente.

#### *3.2.1 Resposta a acidentes e incidentes no mar*

A ausência de tripulação a bordo é uma vantagem do ponto de vista ambiental quando se analisa o fator humano como responsável pela maior parte dos acidentes no mar, como visto anteriormente. Contudo, esta ausência de marinheiros a bordo pode se tornar uma desvantagem no momento em que ocorre um acidente com risco de dano ao meio marinho. Isto ocorre porque com marinheiros treinados a bordo da embarcação a capacidade de resposta é muito maior do que em navios autônomos, sem tripulação (CHONG, 2018, p. 39).

A emergência marítima inclui colisão, emborcamento, naufrágio, incêndio, poluição por óleo, problema na casa de máquinas entre outros. Em navios tripulados, a resposta a essas situações de emergência é realizada pela tripulação. Seu papel é impedir que os danos aumentem e mitigar outros riscos. Em embarcações não tripuladas a extensão das consequências resultantes de acidentes não navegacionais (por exemplo, incêndio) pode ser muito maior. Isso se deve, logicamente, à falta de equipe para avaliar e executar o controle de danos. Sobre a questão afirmam WRÓBELA; MONTEWKA; KUJALA (2017. p. 164):

“The results show on one hand that the damage assessment and control is likely to be one of the biggest difficulties in achieving unmanned vessels’ safety. Separating humans from all the dangers associated with working at sea will be opposed by a disturbing thought that there will be nobody on the scene of the accident to counteract the damage immediately. Preventing accidents from occurring appears therefore to be a better idea than counteracting its consequences. Actions aiming at reducing the occurrence of accidents must be implemented at early stages of system's design and combined with well-prepared operational procedures”.

No caso de um acidente em envolva derramamento de óleo, por exemplo, quem fará o contingenciamento da poluição será justamente os membros da tripulação. Pelo menos até a chegada de auxílio terrestre. Sem pessoas a bordo, o navio fica sem capacidade de resposta. Há que aguardar equipes de salvamento para tentar conter qualquer poluição, o que pode ser tarde demais. Em outras palavras, uma tripulação a bordo têm mais chances de controlar e conter um possível dano ao meio ambiente do que um navio autônomo. Ou ainda, em caso de fogo a bordo, a falta de um tripulação para conter o incêndio pode ser catastrófica. Para combater tal questão, é sugerido em MUNIN (2015, p. 15):

"The endurance of the ship on long voyages as well as the impossibility to do corrective work on the ship during the voyage requires systems that have low maintenance requirements. This can be achieved by minimizing number of and complexity of ship systems that cannot be operated reliably without continuous maintenance".

Em suma, a ausência de tripulação no MASS será um desafio, sobretudo no que concerne a reunir as informações, avaliar a situação e decidir que tipo de assistência é necessária. A falta de tripulação a bordo pode resultar em uma avaliação imprecisa da situação de emergência.

### 3.2.2 Restrição de transporte de mercadorias

Este segundo tópico também está relacionado a falta de tripulação a bordo. Nem todas as mercadorias serão adequadas para o transporte autônomo por mar. Embarcações não tripuladas devem transportem cargas estáveis, que não exijam manutenção ou monitoramento durante a viagem, e não cargas perigosas. Produtos instáveis, inflamáveis e explosivos, como gás, produtos químicos e óleo, dificilmente serão considerados adequados para serem transportado pelos MASS. Neste mesmo sentido afirma MUNIN. (2015, p. 20) "There may be limits to what cargo an unmanned ship can carry. If the cargo cannot safely be handled without regular human inspection or intervention, it cannot be carried on an unmanned ship without new types of automation".

Esses produtos precisam ser monitorados com cuidado e, conforme descrito no Código Internacional de Mercadorias Marítimas Perigosas (IMDG) (IMO, 2014) em caso de emergência, a intervenção imediata da tripulação a bordo é essencial para conter e gerenciar quaisquer perigos potenciais que possam surgir. É pouco provável que a responsabilidade de transportar cargas perigosas pelo MAS seja coberta por qualquer companhia de seguros.

### 3.2.3 Cyber-ataques

A confiança na tecnologia é essencial para que os meio autônomos de tornem uma realidade. O desenvolvimento contínuo da tecnologia é fundamental para que a sociedade internacional tenha confiança e possa regulamentar a navegação destes navios (FASTVOLD, 2018, p. 54). Como já mencionado anteriormente, a eficácia dos sistemas de comunicação e da inteligência artificial destes novos meios será crucial para a proteção e preservação do meio ambiente marinho.

Contudo, existe sempre um risco destes meios autônomos sofrerem algum tipo de ataque

cibernético e causarem uma poluição ambiental. Na opinião de HOGG; GHOSH, (2016, p. 211): “There is also the inherent possibility of extortion by cyber-attack on an unmanned ship. If critical systems are infiltrated, the vessel may lose its ability to navigate, resulting in a collision causing casualties or pollution and environmental damage”. Estes ataques podem ocorrer por diversos motivos, como pirataria ou terrorismo. Nestes casos, há sempre o risco de dano ao meio marinho, posto que a possibilidade de um acidente – voluntario ou não – aumenta consideravelmente. Em outras palavras, se sistemas críticos forem infiltrados, a embarcação poderá, por exemplo, perder a capacidade de navegar, resultando em uma colisão com danos ambientais.

Vale destacar que a OMI produziu um Interim Guidelines on Maritime Cyber Risk Management através da MSC.1/Circ.1526, de 2016. Isto por que segundo o Guidelines, “cybertechnologies have become essential to the operation and management of numerous systems critical to the safety and security of shipping and protection of the marine environment”. (MSC.1/Circ.1526, 2016, Item 2.1.1).

Para a OMI, o gerenciamento de riscos é fundamental para operações de remessa seguras. Tradicionalmente, o gerenciamento de riscos concentrava-se nas operações no domínio físico, mas uma maior dependência dos sistemas de digitalização, integração, automação e baseados em rede criou uma necessidade crescente de gerenciamento de riscos cibernéticos no setor de transporte marítimo (MSC.1/Circ.1526, 2016).

Antes mesmo de produzir um documento com o exercício de escopo para regular os meios autônomos, a questão cibernética já era um tópico de preocupação da Organização Marítima Internacional, posto que mesmo os navios mercantes com tripulação a bordo podem sofrer com ataques cibernéticos. Há vários componentes eletrônicos que podem ser objeto de cyber ataques, como os sistemas de comunicação, de pontes, de manuseio e gerenciamento de carga, de gerenciamento de propulsão e maquinaria, entre outros. Todavia, com navios tripulados, controlados a bordo por um capitão os riscos de ataques cibernéticos, bem como os riscos resultantes de um possível ataque são consideravelmente menores do que em meios autônomos. Logicamente, nos MASS os sistemas têm um papel preponderante na navegação da embarcação, o que torna um ataque potencialmente muito mais perigoso para a segurança do navio e do meio ambiente. A própria OMI afirma que “Ships with limited cyber-related systems may find a simple application of these Guidelines to be sufficient; however, ships with complex cyber-related systems may require a greater level of care and should seek additional resources through reputable industry and Government partners”. MSC.1/Circ.1526, 2016, Item 2.2.2).

#### **4. CONCLUSÃO**

O projeto e a pesquisa de navios não tripulados estão se desenvolvendo a uma taxa sem precedentes. No geral, estes navios autônomos têm o potencial de melhorar a segurança marítima e a proteção ambiental, equilibrando os interesses comerciais e o crescimento sustentável da indústria marítima.

Ao analisar os impactos dos meios autônomos na proteção e preservação do meio

ambiente, verifica-se que existem muitos mais pró do que contras. Isto é, em geral, a tendência é que os impactos ambientais dos MASS sejam positivas. Isto, necessariamente, está atrelado ao desenvolvimento tecnológico que garanta uma navegação efetivamente segura destes navios.

A introdução de navios não tripulados deve ser feita com o máximo de cautela e exigirá testes extensivos. Antes que os efeitos a longo prazo possam ser comprovados, a tecnologia deve ser validada como efetivamente segura para o meio ambiente. Isso exigirá provas repetidas de que os operadores humanos podem lidar com uma situação crítica em terra. Nos casos dos navios realmente autônomos (nível 5), deverá haver provas suficientes de que são realmente seguros e têm total capacidade para operarem do modo autônomo.

Retirar a tripulação de uma embarcação pode significar uma diminuição enorme nos casos de acidentes marítimos. Por outro lado, tal situação nos remete imediatamente ao pensamento perturbador de que não haverá ninguém no local do acidente para combater prontamente no caso de algum acidente ou incidente marítimo. Assim, evitar a ocorrência de acidentes parece, portanto, ser uma ideia melhor do que neutralizar suas consequências.

O desenvolvimento do sistema de algoritmos inteligentes para evitar colisões, combinando situações de múltiplas embarcações e condições climáticas dinâmicas ainda está a ser desenvolvido para navios mercantes não tripulados. Embora os conceitos técnicos, operacionais e legislativos estejam na vanguarda do desenvolvimento, ainda há muito trabalho para se provar que os navios autônomos não representam um risco para si, sua carga, o meio ambiente ou outros navios.

Em suma, a melhoria da segurança na navegação, eliminando erros humanos e a redução da poluição – como das emissões atmosféricas – podem tornar o transporte mais seguro e sustentável. No entanto, como a tecnologia ainda está em desenvolvimento, é muito cedo para uma avaliação final.

## REFERÊNCIAS

CHAUVIN, Christine. Human Factors and Maritime Safety. *The Journal of Navigation*, Vol. 64, pp. 625–632; 2011.

CHIRCOP, Aldo. *Maritime Autonomous Surface Ships in International Law: New Challenges for the Regulation of International Navigation and Shipping*. In: NORDQUIST, Myron H.; MOORE, John Norton; LONG, Ronán. *Cooperation and Engagement in the Asia-Pacific Region*. Brill | Nijhoff, pp. 18-32; 2019.

CHIRCOP, Aldo; ROBERTS, Julian; PRIOR, Siân; Area-based Management on the High Seas: Possible Application of the IMO's Particularly Sensitive Sea Area Concept. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 25, P. 483–522; 2010.

CHONG, Jia Chyuan. *Impact of maritime autonomous surface ships (MASS) on VTS operations*. World Maritime University. Suécia; 2018.

FASTVOLD, Oda Loe. *Legal Challenges for Unmanned Ships in International Law of the Sea*. The Arctic University of Norway. 2018.

HOGG, Trudi; GHOSH, Samrat. Autonomous merchant vessels: examination of factors that impact the effective implementation of unmanned Ships. *Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs*, 2016 Vol. 8, Nº. 3, pp. 206–222, 2016.

LARDJANEH, Salim; MORELA, Gaël; CLOSTERMANN, Jean-Pierre; LANGARDA, Benoît; CHAUVIN, Christine. Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 59, pp. 26–37; 2013.

LAVENDER, Kara; MORET-FERGUSON, Skye; MAXIMENKO, Nikolai A.; PROSKUROWSKI, Giora; PEACOCK, Emily E., HAFNER, Jan; REDDY, Christopher M. Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*, Vol. 329; September 2010.

LI, Stephen; FUNG, K.S. Maritime autonomous surface ships (MASS): implementation and legal issues. *Maritime Business Review*, Vol. 4 No. 4, pp. 330-339; 2019.

LIU, Donald. *Autonomous Vessel Technology, Safety, and Ocean Impacts*. In.: WERLE, Dirk (et. All); *The Future of Ocean Governance and Capacity Development*. pp. 490- 494, Koninklijke Brill, Leiden, 2018.

MSC.1/Circ.1526. *Interim Guidelines on Maritime Cyber Risk Management*. 2016.

MUNIN. *New ship designs for autonomous vessels*. 2015.

PEDROZO, Raul (Pete). *US Employment of Marine Unmanned Vehicles in the South China Sea*. In.: BUSZYNSKI, Leszek; HAI, Do Thanh. *The South China Sea: From a Regional Maritime Dispute to Geo-Strategic Competition*. 1st Edition, Routledge, Londres; 2019. P. 211.

PORTELA, R. de la Campa. Maritime Casualties Analysis as a Tool to Improve Research About Human Factors on Maritime Environment. *Journal of Maritime Research*, Vol. II. No. 2, pp. 3-18, 2005. P. 4.

PRIMO, Diego de Alencar Salazar; BARRETO, Cecília Perdigão; MONTALVERNE, Tarin Cristino Frola. Direito Internacional e Poluição Sonora Marinha: efeitos jurídicos do reconhecimento do som como fonte de poluição dos oceanos. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v.15 n.32 p.277-295 Maio/Agosto de 2018.

RENSBURG, Dirk Johannes Janse Van. *The impact of autonomous ships on the containerised shipping interface of global supply chains and networks: a literature examination of selected stakeholder perspectives*. World Maritime University Dissertations. 659. Malmö, Sweden; 2018.

RINGBOM, Henrik. *Regulating Autonomous Ships—Concepts, Challenges and Precedents*. *Ocean Development & International Law*. 2019.

ROBERTS, Julian. *Marine Environment Protection and Biodiversity Conservation*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg; 2007.

SANDS, Philippe; PEEL, Jacqueline. *Principles of International Environmental Law*. Cambridge University Press, Reino Unido; 2012.

TANAKA, Yoshifumi. *The International Law of the Sea*. Cambridge University Press, 2 ed., Nova York; 2015.

VILLA CARO, Raúl. Los Mass: Los Buques Inteligentes y Autónomos Del Futuro. *Apoyo Logístico 4.0*, pp. 395-407; 2018.

WANG Chengbo; ZHANG Xinyu; LI Ruijie; DONG Peifang. *Path Planning of Maritime Autonomous Surface Ships in Unknown Environment with Reinforcement Learning*. In.: MAIMAITI Mieradilijiang (Et.al). *Cognitive Systems and Signal Processing*. pp. 127–137 Springer Singapore, 2019.

WRÓBELA, Krzysztof; MONTEWKA, Jakub; KUJALA, Pentti. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 165, pp. 155–169; 2017.

ZANELLA, Tiago V. *Direito ambiental do mar: a prevenção da poluição por navios*. Belo Horizonte: Editora D'Plácido, 2019.

ZANELLA, Tiago V. Navios e poluição do ar: um estudo sobre a regulação das emissões atmosféricas por embarcações. *Revista da Escola de Guerra Naval*, Vol. 24, p. 10-30, 2018.

Recebido em: 08.11.2023

Aprovado em: 06.05.2024

Última versão dos autores: 07.05.2024

#### **Informações adicionais e declarações dos autores (Integridade Científica)**

**Declaração de conflito de interesses:** os autores confirmaram que não há conflitos de interesses na condução desta pesquisa e na redação deste artigo. **Declaração de originalidade:** os autores garantiram que o texto aqui publicado não foi publicado anteriormente em nenhum outro recurso e que futuras republicações somente ocorrerão com a indicação expressa da referência desta publicação original; também atestam que não há plágio de terceiros ou autoplágio.

#### **Como citar (ABNT Brasil):**

Zanella, T. V. Os impactos ambientais dos “Maritime Autonomous Surface Ships” (MASS). *JURIS - Revista da Faculdade de Direito*, 34 (1). <https://doi.org/10.14295/juris.v34i1.16271>



Os artigos publicados na Revista Juris estão licenciados sob a Licença Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)