

# OS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS “NAVIOS AUTÔNOMOS DE SUPERFÍCIE” (MASS)

Tiago Vinicius Zanella<sup>1</sup>

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) |

## RESUMO

Veículos 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 do mundo. Diante disso, é de extrema importância que os organismos internacionais, os Estados e a sociedade internacional estejam preparados para esses navios autônomos, que trazem novos desafios para o transporte marítimo internacional e o direito do mar como um todo. Um desses desafios é justamente quais serão os impactos ambientais que esses “Navios Autônomos de Superfície” (MASS) trarão consigo. Isto é, quais as consequências para o meio ambiente marinho desses veículos autônomos? Este é justamente 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 desses navios. Nesse sentido, será demonstrado quais as vantagens e desvantagens dessas embarcações para o meio ambiente e, em especial, quais os cuidados o conjunto da sociedade internacional precisa ter para proteger e preservar o meio marinho com essas novas tecnologias.

**Palavras-chave:** Direito do Mar; meio ambiente marinho; navios autônomos.

<sup>1</sup> Pós-Doutorado na Escola de Guerra Naval (EGN). Doutor em Ciências Jurídicas-Internacionais e Europeias pela Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa (FDL). Mestre em Direito Internacional e Relações Internacionais pela FDL. Graduado em Direito e em Relações Internacionais pelo Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA). Consultor Jurídico em Direito do Mar no UNODC, Áustria. Professor de Direito Internacional e Direito do Mar; Presidente do IBDMar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-7157> / e-mail: [tiagozanella@gmail.com](mailto:tiagozanella@gmail.com)

*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, international organizations, States and international society need to be prepared for these autonomous ships. They will bring new challenges to the law of the sea and international maritime transport. One of these challenges is just 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 what are the new challenges that humanity will have to face the imminent advent of these ships. In this sense, it will be demonstrated what the advantages and disadvantages of these vessels for the environment are 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.*

**Keywords:** *autonomous ships; Law of the Sea; marine environment.*

## INTRODUÇÃO

Como resultado dos modernos desenvolvimentos tecnológicos de nosso tempo, embarcações autônomas e remotamente controladas estão se tornando realidade, trazendo consigo desafios essenciais para a sociedade internacional (LIU, 2018, p. 490). O Kongsberg Gruppen, em colaboração com a YARA, está produzindo o primeiro navio porta-contêineres totalmente elétrico, autônomo e de emissões zero do mundo (chamado “YARA Birkeland”). O navio irá operar ao longo da costa da Noruega<sup>2</sup>.

Com o rápido desenvolvimento da inteligência artificial (IA), navios não tripulados podem reduzir o custo do transporte marítimo. Eles podem, também, trazer outros benefícios, como evitar a perda de vidas no mar. Para sistemas marítimos autônomos, no entanto, o planejamento de rotas e a previsão de obstáculos para evitar colisões são tópicos novos e relevantes a serem considerados.

A transição para essa nova era de navios não tripulados não desafia apenas o desenvolvimento tecnológico. Navios autônomos terão que encontrar seu lugar no direito internacional. Atualmente, tratados e outras leis do mar exigem a presença de uma tripulação a bordo. Assim, o debate internacional sobre navios não tripulados vem sendo foco de análise da Organização Marítima Internacional (IMO). Essa organização, como responsável pela regulação de todo transporte marítimo internacional, não poderia se abster de analisar e criar regras legais para regular a navegação desses novos navios<sup>3</sup>. O ponto de partida foi a decisão tomada pela IMO de incluir a questão dos Navios Autônomos de Superfície (MASS) em sua agenda. Isso ocorreu por meio do Comitê de Segurança Marítima (MSC) em sua 98ª Sessão, de 7 a 16 de junho de 2017. Decidiu-se realizar um exercício de escopo para determinar como uma operação segura, fiável e ambientalmente sólida dos MASS pode ser introduzida nos instrumentos da IMO. O MSC reconheceu que a IMO deve assumir um papel proativo na análise e regulação da introdução de embarcações comerciais autônomas (operando sem tripulação).

Essas embarcações autônomas apresentam algumas vantagens notáveis. Como observa Pedrozo (2019, p. 211): “por reduzirem o risco à vida humana, os sistemas não tripulados estão se tornando a alternativa

2 Ver <https://www.yara.com/news-and-media/press-kits/yara-birkeland-press-kit/>. Acesso em 02/08/2020.

3 Para uma discussão mais aprofundada sobre a regulamentação dos MASS, consulte Chircop, Roberts e Prior (2019, p. 18-32).

preferida para missões maçantes, sujas ou perigosas”. Além disso, navios não tripulados podem permanecer no mar por períodos mais longos do que navios com tripulações. Eles também podem expandir áreas operacionais, preencher lacunas de capacidade e, o mais importante, reduzir os custos de transporte. Todos esses benefícios podem ser benéficos para os armadores; no entanto, o mesmo valeria para a sociedade em geral?

Atualmente, o impacto que a inovação tecnológica dos navios autônomos terá na navegação ainda é incerto (RENSBURG, 2018, p. 2-3). Particularmente no que diz respeito à proteção do meio ambiente marinho, os possíveis danos ou vantagens que os MASS podem causar restam pouco compreendidos. Portanto, o objetivo deste artigo é analisar os impactos ambientais no meio ambiente marinho decorrentes do uso desses navios autônomos. Para isso, as técnicas metodológicas de pesquisa utilizadas neste artigo incluem revisão bibliográfica e documental.

## 1 NAVIOS AUTÔNOMOS E DEFINIÇÕES DO NÍVEL DE CONTROLE

Não é o propósito deste artigo aprofundar-se na discussão jurídica conceitual dos Navios Autônomos de Superfície. No entanto, para uma melhor compreensão e exame dos impactos ambientais do uso de MASS, é preciso entender o que são realmente “navios autônomos” e, em particular, sua classificação em relação ao nível de controle. Somente assim poderemos avaliar as prováveis vantagens e desvantagens dessas embarcações autônomas, uma vez que o nível de autonomia – e a tripulação a bordo – influencia esses impactos ambientais.

Em primeiro lugar, é importante destacar o papel da Organização Marítima Internacional (IMO) na regulação dos MASS. Sobre a questão da regulamentação dos MASS, diz Ringbom (2019, p. 24):

Caso a IMO decida ampliar o exercício de escopo regulatório limitado atual, uma série de questões que vão além das disposições vigentes nas convenções existentes terão de ser abordadas. [...] Embora a regulação da automação não seja absolutamente um tópico novo para a organização, os precedentes disponíveis não são análogos às questões levantadas pelo desenvolvimento dos MASS, sendo, portanto, de interesse e orientação limitados para a organização. A novidade do tema representa um argumento a favor do desenvolvimento de um novo instrumento para abordar especificamente os diversos aspectos de Navios altamente automatizados e autônomos.

Assim, em 2017, na 98ª Sessão do MSC, a IMO definiu os graus de autonomia identificados para o exercício de escopo<sup>4</sup>:

- **Grau 1 – navio com processos automatizados e apoio à decisão:** marinheiros estão a bordo para operar e controlar sistemas e funções de bordo. Algumas operações podem ser automatizadas e às vezes não supervisionadas, mas com navegadores a bordo prontos para assumir o controle.
- **Grau 2 – navio controlado remotamente com marinheiros a bordo:** o navio é controlado e operado a partir de outro local. Os marinheiros estão disponíveis a bordo para assumir o controle e operar os sistemas e funções de bordo.
- **Grau 3 – navio controlado remotamente sem marinheiros a bordo:** o navio é controlado e operado a partir de outro local. Não há marinheiros a bordo.
- **Grau 4 – navio totalmente autônomo:** o sistema operacional da embarcação é capaz de tomar decisões e determinar ações por si só.

Por outro lado, a União Europeia, a partir de um grupo de trabalho da Agência Europeia de Defesa, intitulada Segurança e Regulamentos para Sistemas Marítimos Não Tripulados Europeus (SARUMS)<sup>5</sup>, elaborou uma tabela com seis níveis de controle aplicáveis aos navios. O Brasil aprovou recentemente um Regulamento Provisório para a Operação de Embarcações Autônomas, publicado no DOU em 21/02/2020, no qual segue o modelo europeu:

- **Nível 0 – tripulado:** O MASS é controlado por operadores a bordo
- **Nível 1 – operado:** sob controle operado, toda funcionalidade cognitiva está no operador humano. O operador tem contato direto com o MASS por, por exemplo, rádio contínuo (R/C) e/ou cabo (por exemplo, UUVs e ROVs com umbilicais ultrafinos). O operador toma todas as decisões, dirige e controla todas as funções do veículo e das missões.
- **Nível 2 – dirigido:** sob controle direcionado, algum grau de raciocínio e capacidade de resposta é integrado ao MASS. Ele pode detectar o meio ambiente, relatar seu estado e sugerir uma ou várias ações. Também pode sugerir possíveis ações ao operador, como, por exemplo, solicitar ao operador informações ou decisões. No entanto, a autoridade para tomar decisões é do operador. O MASS somente agirá se for comandado

<sup>4</sup> Disponível em <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>. Acesso em 02/08/2020.

<sup>5</sup> Em 2015, a SARUMS publicou o que chamou de “Guia de Boas Práticas para manuseio, operações, design e regulações de UMS”.

e/ou autorizado a fazê-lo.

- **Nível 3 – delegado:** o MASS está agora autorizado a executar algumas funções. Ele pode detectar o meio ambiente, relatar seu estado e definir ações, e relatar sua intenção. O operador tem a opção de se opor às intenções (vetos) declaradas pelo MASS durante determinado tempo, após o qual o MASS atuará. A iniciativa emana do MASS e a tomada de decisão é compartilhada entre o operador e o MASS.
- **Nível 4 – monitorado:** o MASS detectará o meio ambiente e informará seu estado. O MASS define ações, decide, age e relata sua ação. O operador pode monitorar os eventos.
- **Nível 5 – autônomo:** o MASS detectará o meio ambiente, definirá possíveis ações, decidirá e agirá. A Embarcação Não Tripulada tem grau máximo de independência e autodeterminação dentro do contexto das capacidades e limitações do sistema. As funções autônomas são referidas pelos sistemas a bordo em ocasiões decididas pelo mesmo, sem notificar nenhuma unidade externa ou operador.

Observa-se que os navios exibem verdadeira autonomia somente a partir do nível 3. Nos níveis 0, 1 e 2, o operador humano ainda controla a embarcação. Somente nos níveis 3, 4 e 5 o navio é controlado por um programa a bordo. Além disso, é justamente após o nível 3 que a embarcação deixa de ser tripulada. Esses fatores são essenciais para a análise dos impactos ambientais dos navios autônomos, uma vez que o nível de controle e a ausência de tripulação a bordo influenciam as vantagens e desvantagens ambientais dessas embarcações.

## 2 OS IMPACTOS AMBIENTAIS DO MASS

### 2.1 As vantagens do MASS para o meio ambiente

As vantagens do uso de navios autônomos, no que se refere à proteção e preservação do meio ambiente marinho, se concentram em duas áreas principais: a redução da poluição por embarcações; e a redução do erro humano.

#### 2.1.1 Redução da poluição por embarcações

A primeira vantagem, do ponto de vista ambiental, dos MASS é a redução da poluição por navios. Isso se deve principalmente à ausência

de tripulação a bordo. Essa ausência significa que lixo e esgoto não são produzidos dentro do navio, por exemplo. Com esses navios autônomos, portanto, a poluição por descarga de materiais no mar é eliminada. Ou seja, sem tripulação a bordo, não há necessidade de se falar sobre poluição por descarga de resíduos no meio ambiente marinho.

Poluição por descarga, que representa aproximadamente 10% da poluição do meio ambiente marinho (SANDS; PEEL, 2012), é uma importante fonte visível de poluição, que causa danos sensíveis ao meio ambiente. Ainda assim, é uma poluição que, em geral, impõe riscos de danos ao meio ambiente marinho a muitos Estados, em benefício de um pequeno número de Estados industrializados e com frotas navais maiores. Em outras palavras, países mais desenvolvidos (via fonte terrestre) e com frotas maiores (por mar) tendem a despejar no mar quantidades mais significativas de materiais, muitas vezes tóxicos, que poluem o meio ambiente marinho em geral e causam danos às áreas costeiras de outros estados (TANAKA, 2015).

Em relação ao despejo de resíduos no mar por navios, uma vantagem significativa dos navios autônomos é a eliminação da introdução de plásticos nos oceanos. Embora a introdução desses polímeros por navios corresponda a 20% do total de plásticos introduzidos no meio ambiente marinho (os outros 80% são por terra) (ZANELLA, 2019), os MASS eliminam uma quantidade significativa desse poluente. Isso se torna mais expressivo uma vez que a poluição por plástico é um dos principais problemas ambientais do meio ambiente marinho atualmente. É um material despejado em grandes quantidades e com potencial para degradar significativamente o meio ambiente marinho. Segundo Lavender *et al.* (2010, p. 1185): “Os plásticos são um grande contaminante nos oceanos do mundo”.

Outro tipo de poluição marinha que pode diminuir com o uso de MASS é a poluição sonora. Navios podem ser fontes causadoras de poluição sonora, o que nos últimos anos se tornou uma preocupação real para as organizações internacionais. Sobre este tema, a declaração de Primo, Barreto e Mont’Alverne (2018, p. 279) é ilustrativa:

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.

Esses navios autônomos, que são necessariamente mais modernos, tendem a emitir níveis mais baixos de poluição sonora, o que contribui para reduzir o estresse que a navegação marítima internacional causa no meio ambiente marinho.

Em segundo lugar, a redução da poluição por navios está relacionada ao avanço das tecnologias utilizadas. Embarcações mais modernas tendem a consumir menos energia e emitir menos poluentes. Isso não é apenas uma vantagem para navios autônomos. Todos os navios mais modernos, mesmo com tripulação a bordo, podem apresentar essa vantagem ambiental sobre navios mais antigos. No entanto, em razão de toda a tecnologia necessariamente empregada por navios autônomos, eles tendem a poluir menos o meio ambiente no que lhe diz respeito. A emissão de gases e petróleo no meio ambiente marinho, por exemplo, tende a ser menor nesses navios em comparação aos mais antigos. Nesse sentido, Li e Fung (2019, p. 335) comentam: “Usando baterias como meio de propulsão, acredita-se que a embarcação não tripulada esteja livre de qualquer emissão e reduza a poluição do ar para o meio ambiente”. O navio mencionado anteriormente, “YARA Birkeland”, por exemplo, será elétrico. Ou seja, não emitirá gases poluentes atmosféricos resultantes da queima de combustível fóssil. Além disso, não introduzirá petróleo, o que ocorre naturalmente com outros navios movidos a combustível.

Esse menor consumo de energia – ou consumo mais sustentável – com a redução ou até mesmo eliminação – no caso de navios elétricos – do uso de combustíveis fósseis é particularmente significativo em relação à poluição por óleo e poluição atmosférica dos navios. Sobre a questão da poluição atmosférica, Miola *et al.* (2010, p. 12) afirmam: “Além disso, as emissões de navios são transportadas na atmosfera ao longo de várias centenas de quilômetros, podendo, assim, contribuir para problemas de qualidade do ar em terra, mesmo que sejam emitidos no mar”.

Em relação à poluição por óleo, é importante ressaltar que essa poluição dos navios ocorre principalmente de duas maneiras: primeiro, como resultado de acidentes marítimos que causam o derramamento de grandes quantidades de óleo no mar; e, em segundo lugar, por meio de descargas operacionais dos resíduos gerados pelos navios, que envolvem a inserção de poluentes em quantidades menores, mas cumulativamente significativas (ZANELLA, 2019, p. 329). Embora acidentes com petroleiros sejam uma causa mais visível e dramática da poluição marinha, eles são responsáveis por menos de 10% de todo o petróleo derramado no mar. A maior ameaça



ainda vem de descargas deliberadas, como operações de limpeza de tanques (ROBERTS, 2007, p. 47-48). Nesse sentido, um navio mais sustentável, que consome menos combustível fóssil ou mesmo elétrico, diminui ou elimina a introdução de petróleo no mar relativo às operações normais de navios.

Em relação à poluição atmosférica, deve-se notar que esse tipo de poluição, nas últimas décadas, tornou-se, sem dúvida, um problema ambiental a ser enfrentado (ZANELLA, 2018, p. 302). O crescimento contínuo da navegação marítima internacional levou naturalmente a um aumento proporcional da poluição atmosférica por navios em todo o mundo. Existem várias substâncias inseridas no ar pela queima do combustível dos navios, e a emissão pode ter impactos locais e globais. Como poluentes como óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>); óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e material particulado (PM) impactam a qualidade do ar local (ou regional), os gases de efeito estufa (por exemplo, o dióxido de carbono – CO<sub>2</sub>) têm um impacto climático global. Nesse sentido, o MASS tende a reduzir consideravelmente a emissão de gases poluentes, uma vez que são necessariamente modernos e alguns serão alimentados por eletricidade (LI; FUNG, 2019, p. 335). Sobre essa questão, Villa Caro (2018, p. 402) aponta:

Eficiência energética na propulsão: melhora da mesma utilizando motores lentos mais eficientes, sistemas híbridos (LNG/elétricos) e soluções mais inovadoras. Tecnologias energéticas mais eficientes devem ser desenvolvidas, pois a propulsão de navios e a geração de energia devem ser áreas de desenvolvimento tecnológico nos próximos anos, nas quais se estudem os motores do futuro, combustíveis alternativos, dispositivos de economia de energia para propulsão, fontes de energia, geração de energia híbrida renovável e tecnologias de redução de emissões. Esses desafios trarão desafios ambientais e comerciais.

Assim, fica evidente que os MASS trarão vantagens à navegação marítima internacional. A redução da poluição ambiental por navios é uma vantagem significativa que essas embarcações terão sobre navios tripulados. Isso se deve a duas razões principais: por um lado, sem tripulação a bordo, haverá uma diminuição considerável da poluição dos navios, uma vez que não haverá produção de resíduos ou esgoto a bordo; por outro, esses navios serão necessariamente mais modernos do que os atuais. Assim, a poluição causada pela operação regular dos navios – como acontece nos dias atuais, com a introdução do petróleo e da poluição atmosférica, por exemplo – tende a diminuir consideravelmente.

### 2.1.2 Redução do erro humano

A navegação marítima é, sem dúvida, uma atividade de risco, e desastres marítimos decorrem do ambiente complexo da operação do navio. Embora o transporte marítimo apresente uma taxa de mortalidade e lesões relativamente baixa (PORTELA, 2005), as consequências de um acidente podem ser vastas. As repercussões da poluição por óleo, por exemplo, podem reverberar por muitos anos e afetar empresas, pessoas e Estados.

Nesse sentido, um segundo grupo de vantagens dos navios autônomos, no que diz respeito à proteção e preservação do meio ambiente marinho, é a redução do erro humano. Como resumido por Hogg e Ghosh (2016, p. 206): “Aqueles que abraçam a tecnologia defendem benefícios econômicos, de segurança e ambientais. A redução do número de marinheiros no mar, por exemplo, traz economia salarial e risco reduzido de erros humanos que podem levar a desastres ambientais”.

Estima-se que mais de 80% dos acidentes com navios ocorram por erro humano (PORTELA, 2005, p. 4). Esses erros podem decorrer de diversos fatores, como a diminuição do desempenho (provocada por fadiga, estresse, problemas de saúde), habilidades técnicas e cognitivas insuficientes, habilidades interpessoais precárias (dificuldades de comunicação, dificuldades em dominar uma situação, língua), aspectos organizacionais (treinamento de segurança, gestão de equipes, cultura de segurança).

Com a automação dos navios, a tendência é uma redução dos acidentes no mar, que muitas vezes causam poluição severa por derramamentos de óleo e outras substâncias. Como fatores humanos são a principal fonte de risco de acidentes no mar, parece interessante desenvolver uma tecnologia que possibilite a resolução desses erros. Assim, logicamente, a autonomia de um navio resulta na redução do erro humano.<sup>6</sup>

Por outro lado, embarcações monitoradas em terra exigirão sistemas de comunicação confiáveis entre a embarcação não tripulada e o controlador em terra. Sistemas de comunicação são fundamentais para a segurança e proteção do meio ambiente e terão um alto custo. Uma operação eficiente e segura exigirá sistemas especializados, todos com operações redundantes. Além disso, os operadores em terra devem ser altamente treinados para não cometer erros e causar danos ao meio ambiente marinho.

Para navios autônomos controlados inteiramente pelo computador de

<sup>6</sup> Para uma compreensão mais aprofundada das consequências do erro humano nos acidentes marítimos, ver Chauvin (2011) e Lardjaneb *et al.* (2013).

bordo e sua inteligência artificial, é necessário ter um sistema altamente confiável e livre de erros. Ou seja, muitos testes deverão ser realizados para que um navio no último nível de controle (nível 5: autônomo) possa operar com total segurança e reduzir o número de acidentes no mar. Em outras palavras, é contraproducente mudar o erro humano como causa de acidentes marítimos para o erro dos computadores de bordo que controlam navios autônomos. Os riscos de erro humano são eliminados, mas as embarcações não tripuladas enfrentarão novos desafios para uma operação segura com sucesso. Sobre o assunto, Hogg e Ghosh (2016, p. 207) comentam:

Proclama-se que a incidência de erro humano será significativamente diminuída no navio mercante não tripulado; no entanto, a tecnologia a bordo requer calibração e manutenção por humanos e a embarcação requer monitoramento constante a partir de uma sala de controle na costa onde os operadores estarão interpretando, absorvendo e agindo sobre informações enviadas do navio.

Para evitar acidentes, os MASS devem reconhecer o ambiente em que navegam. Ou seja, eles precisam compreender o cenário ao seu redor e em seu caminho, as adversidades do ambiente, identificar obstáculos e outros objetos para evitar colisões que possam causar danos graves ao meio ambiente marinho. Wang *et al.* (2019) fazem uma discussão interessante no artigo “Path Planning of Maritime Autonomous Surface Ships in Unknown Environment with Reinforcement Learning”, sobre os modos de aprendizagem do navio autônomo e sua inteligência artificial para evitar qualquer acidente.

## 2.2 As desvantagens dos MASS para o meio ambiente

Apesar das vantagens interessantes dos navios autônomos para a proteção e preservação do meio ambiente, existem algumas desvantagens, algumas preocupações e desafios que a sociedade internacional precisa considerar em relação aos MASS. Em particular, são três os principais grupos de desvantagens: o primeiro relacionado à lenta capacidade de resposta a acidentes no mar, uma vez que não há tripulação para qualquer contingência e controle dos fatos; o segundo à restrição do transporte de algumas mercadorias; e o terceiro diz respeito a ataques cibernéticos que podem causar acidentes e danos ao meio ambiente.

### 2.2.1 Resposta a acidentes no mar

A ausência de tripulantes a bordo é uma vantagem do ponto de vista ambiental. Ao analisar que o fator humano é responsável pela maioria dos acidentes no mar, como visto anteriormente, navios não tripulados eliminam o erro humano como a causa de acidentes. Essa ausência de tripulação a bordo, no entanto, pode configurar uma desvantagem no momento em que um acidente com risco de danos ao meio ambiente marinho ocorre. Isso porque, com uma tripulação treinada a bordo, a capacidade de resposta é muito maior do que em embarcações não tripuladas (CHONG, 2018, p. 39).

A emergência marítima inclui colisão, viragem de quilha, naufrágio, incêndio, poluição por óleo, problemas na sala de máquinas, entre outros. Em navios tripulados, a resposta a essas emergências é realizada pela tripulação. Essa tripulação a bordo pode controlar a situação e evitar que os danos aumentem. Em navios não tripulados, a extensão do resultado de acidentes não navegacionais (por exemplo, fogo) pode ser muito maior. Isso se deve, logicamente, à falta de pessoal para avaliar e realizar o controle de danos. Sobre o assunto, Wróbel, Montewka e Kujala (2017, p. 164) apontam:

Os resultados mostram, por um lado, que a avaliação e o controle de danos será provavelmente uma das maiores dificuldades em alcançar a segurança de embarcações não tripuladas. Separar os humanos de todos os perigos associados ao trabalho no mar será contraposto à um pensamento perturbador de que não haverá ninguém no local do acidente para neutralizar imediatamente os danos. Evitar que acidentes ocorram parece, portanto, ser uma ideia melhor do que neutralizar suas consequências. Ações voltadas para a redução da ocorrência de acidentes devem ser implementadas em estágios iniciais do projeto do sistema e combinadas à procedimentos operacionais bem preparados.

Em caso de acidente envolvendo derramamento de óleo, por exemplo, serão os tripulantes que farão o contingenciamento da poluição. Pelo menos até a ajuda chegar da terra. Sem pessoas a bordo, o navio é incapaz de responder. É necessário esperar as equipes de resgate chegarem ao local para tentar conter qualquer poluição, o que pode ser tarde demais. Em outras palavras, uma tripulação a bordo é mais propensa a controlar e conter possíveis danos ao meio ambiente do que um navio autônomo. No caso de incêndio a bordo, por exemplo, a ausência de uma equipe para conter o fogo pode ser catastrófica. Para resolver esse problema, a Comissão Europeia destaca (EC, 2015, p. 15):

A resistência do navio em viagens longas, bem como a impossibilidade de realizar trabalho corretivo no navio durante a viagem requer sistemas que tenham baixas exigências de manutenção. Isso pode ser alcançado minimizando o número e a complexidade dos sistemas de navios que não podem ser operados de maneira confiável sem manutenção contínua.

Em suma, a falta de equipe nos MASS será um desafio, especialmente para coletar 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 emergência. Ou seja, as pessoas a bordo podem conter o problema ou informar as autoridades em terra o que exatamente está acontecendo; sem essa tripulação, um pequeno problema (como um incêndio que pode ser facilmente controlado) pode se tornar catastrófico. Além disso, é mais difícil entender o que exatamente está acontecendo no navio para enviar equipes especializadas para resolver o problema.

### *2.2.2 Restrição do transporte de mercadorias*

Este segundo tópico também se relaciona com a falta de tripulação a bordo. Nem todas as mercadorias serão adequadas para transporte autônomo por mar. As embarcações não tripuladas devem transportar carga estável, que não requer manutenção ou monitoramento durante a viagem, e não carga perigosa. Produtos instáveis, inflamáveis e explosivos, como gás, produtos químicos e petróleo, dificilmente serão considerados adequados para o transporte por MASS. No mesmo sentido, a Comissão Europeia (EC, 2015, p. 20) estipula: “Pode haver limites para a carga que uma embarcação não tripulada pode transportar. Se a carga não puder ser manuseada com segurança sem inspeção ou intervenção humana regular, ela não pode ser transportada em um navio não tripulado sem novos tipos de automação”.

Esses produtos precisam ser monitorados cuidadosamente. Conforme descrito no Código Internacional de Bens Perigosos Marítimos (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 improvável que qualquer companhia de seguros cubra a responsabilidade de transportar cargas perigosas por MASS.

### 2.2.3 Ataques cibernéticos

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

No entanto, há sempre o risco de que esses MASS sofram algum ataque cibernético e causem poluição ambiental. Para Hogg e Ghosh (2016, p. 211): “Existe também a possibilidade inerente de extorsão por ataque cibernético em um navio não tripulado. Se os sistemas críticos forem infiltrados, a embarcação pode perder sua capacidade de navegar, resultando em uma colisão causando baixas ou poluição e danos ambientais”. Esses ataques podem ocorrer por várias razões, como pirataria ou terrorismo. Nesses casos, há sempre o risco de danos ao meio ambiente marinho, uma vez que a possibilidade de acidente – voluntário ou não – aumenta consideravelmente. Em outras palavras, se os sistemas críticos forem infiltrados, a embarcação pode, por exemplo, perder a capacidade de navegar, resultando em uma colisão com danos ambientais.

Vale ressaltar que a IMO produziu uma Diretriz Provisória sobre Gestão de Riscos Cibernéticos Marítimos por meio do MSC.1/Circ.1526, 2016. Isso porque, de acordo com as Diretrizes, “as tecnologias cibernéticas tornaram-se essenciais para a operação e gestão de inúmeros sistemas críticos à segurança do transporte marítimo e proteção do meio ambiente marinho” (IMO, 2016).

Para a IMO, a gestão de riscos é essencial para operações de navegação seguras. Tradicionalmente, a gestão de riscos tem se concentrado em operações no domínio físico, mas uma maior dependência em sistemas de digitalização, integração, automação e de rede criou uma necessidade crescente de gerenciamento de riscos cibernéticos no setor de navegação (IMO, 2016).

Mesmo antes de produzir um documento com o escopo de regular navios autônomos, a questão cibernética já era um tema de preocupação para a Organização Marítima Internacional. Isso porque mesmo navios comerciais com tripulação a bordo podem sofrer ataques cibernéticos. Diversos componentes eletrônicos podem ser objeto de ataques cibernéticos, como

sistemas de comunicação, pontes, movimentação e gerenciamento de cargas, propulsão e gerenciamento de máquinas, entre outros. No entanto, 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 navios autônomos. Logicamente, nos MASS sistemas têm um papel preponderante na navegação, o que torna um ataque potencialmente muito mais perigoso para a segurança do navio e do meio ambiente. A própria IMO afirma que “navios com sistemas cibernéticos limitados podem considerar uma simples aplicação dessas Diretrizes suficiente; no entanto, navios com sistemas cibernéticos complexos podem exigir um maior nível de cuidado e devem buscar recursos adicionais por meio de parceiros respeitáveis da indústria e do governo” (IMO, 2016).

## CONCLUSÃO

A concepção e a pesquisa de navios não tripulados estão se desenvolvendo a uma taxa sem precedentes. Em geral, esses 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 navios autônomos na proteção e preservação do meio ambiente, parece haver muito mais prós do que contras. Ou seja, em geral, a tendência é que os impactos ambientais dos MASS sejam positivos. Isso, necessariamente, está ligado ao desenvolvimento tecnológico que garante a navegação eficaz e segura desses navios.

A introdução de embarcações não tripuladas deve ser feita com a máxima cautela e exigirá testes extensivos. Antes que os efeitos de longo prazo possam ser comprovados, a tecnologia deve ser validada como sendo adequadamente segura para o meio ambiente. Isso exigirá uma prova repetida de que os operadores humanos podem lidar com uma situação crítica no terreno. No caso de embarcações genuinamente autônomas (nível 5), deve haver evidências suficientes de que estas são verdadeiramente seguras e plenamente capazes de operar de maneira autônoma.

Remover a tripulação de uma embarcação pode significar uma diminuição considerável nos casos de acidentes marítimos. Por outro lado, essa situação imediatamente nos leva a ideia incômoda de que não haverá

ninguém em cena para controlar os eventos prontamente. Assim, evitar que acidentes ocorram, portanto, parece ser uma ideia melhor do que neutralizar suas consequências.

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

Finalmente, melhorar a segurança da navegação, eliminar erros humanos e reduzir a poluição – como as emissões atmosféricas – pode 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, C. Human factors and maritime safety. *The Journal of Navigation*, v. 64, 625-632; 2011.

CHIRCOP, A. Maritime autonomous surface ships in International Law: new challenges for the Regulation of International Navigation and Shipping. In: NORDQUIST, M. H.; MOORE, J. N.; LONG, R. *Cooperation and engagement in the Asia-Pacific region*. Leiden: Brill | Nijhoff, 2019. p. 18-32.

CHIRCOP, A.; ROBERTS, J.; PRIOR, S. 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*, v. 25, 483-522, 2010.

CHONG, J. C. *Impact of maritime autonomous surface ships (MASS) on VTS operations*. Malmö: World Maritime University, 2018.

EC – EUROPEAN COMMISSION. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks. *D10.2: new ship designs for autonomous vessels*. Brussels: EC, 2015.

FASTVOLD, O. L. *Legal challenges for unmanned ships in International Law of the Sea*. Tronso: The Arctic University of Norway, 2018.

HOGG, T.; GHOSH, S. Autonomous merchant vessels: examination of



factors that impact the effective implementation of unmanned Ships. *Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs*, v. 8, n. 3, 206-222, 2016.

IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. *MSC.1/Circ.1526*. Interim Guidelines on Maritime Cyber Risk Management. London: IMO, 2016.

LARDJANE, S. *et al.* Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, v. 59, 26-37, 2013.

LAVENDER, K. *et al.* Plastic accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*, v. 329, n. 5996, 1185-1188, sep. 2010.

LI, S.; FUNG, K. S. Maritime autonomous surface ships (MASS): implementation and legal issues. *Maritime Business Review*, v. 4, n. 4, 330-339, 2019.

LIU, D. Autonomous vessel technology, safety, and ocean impacts. In: WERLE, D. *et al.* *The future of ocean governance and capacity development*. Leiden: Brill, 2018. p. 490-494.

MIOLA, A. *et al.* *Regulating air emissions from ships: the state of the art on methodologies, technologies and policy options*. Luxembourg: European Union, 2010.

PEDROZO, R. US Employment of Marine Unmanned Vehicles in the South China Sea. In: BUSZYNSKI, L.; HAI, D. T. *The South China sea: from a regional maritime dispute to geo-strategic competition*. London: Routledge, 2019. p. 211.

PORTELA, R. C. Maritime casualties analysis as a tool to improve research about human factors on maritime environment. *Journal of Maritime Research*, v. II. n. 2, 3-18, 2005.

PRIMO, D. A. S.; BARRETO, C. P.; MONT'ALVERNE, T. C. F. 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/ago. 2018.

RENSBURG, D. J. J. V. *The impact of autonomous ships on the containerised shipping interface of global supply chains and networks: a literature examination of selected stakeholder perspectives*. Malmö: The World Maritime University, 2018.

RINGBOM, H. Regulating autonomous ships—concepts, challenges and precedents. *Ocean Development & International Law*, v. 50, n. 2-3, p. 141-169, 2019.

ROBERTS, J. *Marine environment protection and biodiversity conservation*. Berlin: Springer-Verlag, 2007.

SANDS, P.; PEEL, J. *Principles of International Environmental Law*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

TANAKA, Y. *The International Law of the Sea*. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2015.

VILLA CARO, R. Los MASS: los buques inteligentes y autónomos del futuro. *Apoyo Logístico 4.0*, v. 275, p. 395-407, 2018.

WANG, C. *et al.* Path planning of maritime autonomous surface ships in unknown environment with reinforcement learning. In: MAIMAITI, M. *et al.* *Cognitive systems and signal processing*. Singapore: Springer, 2019. p. 127-137.

WRÓBELA, K.; MONTEWKA, J.; KUJALA, P. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 165, p. 155-169, 2017.

ZANELLA, T. V. *Direito Ambiental do Mar: a prevenção da poluição por navios*. Belo Horizonte: D'Plácido, 2019.

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

Artigo recebido em: 17/03/2020.

Artigo aceito em: 23/11/2020.

### **Como citar este artigo (ABNT):**

ZANELLA, T. V. Os impactos ambientais dos “Navios Autônomos de Superfície” (MASS). *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 17, n. 39, p. 351-368, set./dez. 2020. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/1803>. Acesso em: dia mês. ano.