

NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS PELO SETOR PORTUÁRIO BRASILEIRO NA GESTÃO DE CANAIS DE ACESSO*

LUIZ GUSTAVO CRUZ HENRIQUES DA SILVA**
Oficial de Náutica

SUMÁRIO

Introdução
Serviço de Tráfego de Embarcações
Sistema de Identificação Automática como Auxílio à Navegação
Calado Dinâmico
Embarcações Autônomas
Considerações Finais

INTRODUÇÃO

Os canais de acesso aquaviário aos portos são as vias por onde, necessariamente, todas as cargas com origem e destino no respectivo porto passam, o que justifica a sua posição como infraestrutura fundamental no sistema portuário. Associado à sua grande relevância, tem-se

que as obras de dragagem e derrocagem necessárias à construção e manutenção dessas vias são, via de regra, complexas e intensivas na utilização de capital, além de potencialmente agressivas ao meio ambiente. Esse espaço aquaviário é, ainda, aquele que oferece mais riscos à navegação na perspectiva do navegante, uma vez que a embarcação adentra em águas rasas

* Artigo produzido no curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos da Escola de Guerra Naval (PPGEM-EGN).

** Bacharel em Ciências Náuticas, com habilitação em Náutica, pela Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante. Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Especialização em Gestão de Frota pela Lloyd's Maritime Academy (Reino Unido). Aluno do curso de Mestrado em Estudos Marítimos do PPGEM-EGN. Pesquisador do Grupo Economia do Mar (GEM).

onde sua interação com o espaço (fundo, bancos, outras embarcações navegando ou atracadas ao longo da via etc.) altera a forma como a embarcação deve ser conduzida, aumentando o risco de colisões e abalroamentos.

O aumento do volume de investimentos nos portos e terminais portuários brasileiros, principalmente em decorrência do aumento expressivo da participação de capital de origem privada no setor, possibilitou a adoção e o desenvolvimento de algumas tecnologias que, apesar de há muito utilizadas em portos no exterior, ainda são pouco difundidas em nosso País. No que tange aos canais de acesso aos portos, a implementação de novas ferramentas se insere na busca pela redução dos custos e riscos associados à operação e manutenção dessas vias, de forma que um tráfego maior de embarcações seja possível sem que isso represente aumentos nos custos de manutenção ou de risco às embarcações e à infraestrutura portuária.

Na busca dessa melhoria na gestão, os portos nacionais têm desenvolvido, nos últimos anos, iniciativas importantes associadas a novas tecnologias, tais como a implementação de Serviços de Tráfego de Embarcações (VTS) nos portos, com o propósito de redução do risco associado ao tráfego de embarcações na área do porto; utilização do conceito de “calado dinâmico” para gestão de Calado Máximo Operacional nos portos, com a implantação e operação de sistemas para determinação de folga abaixo da quilha (FAQ) de forma dinâmica, com a utilização de dados obtidos em tempo real; utilização do Sistema de Identificação Automática (AIS) para gestão de auxílios (radioelétricos) à navegação no canal; e emprego de embarcações autônomas em áreas portuárias para diversas funções.

Dessa forma, o propósito do presente trabalho é apresentar, de forma sumária, algumas dessas iniciativas que vêm sendo difundidas nos últimos anos pelos administradores portuários, em estreito relacionamento com a Autoridade Marítima, para a melhoria da gestão dos canais de acesso, com conseqüente incremento em termos de segurança da navegação e redução de riscos, ao mesmo tempo em que permitem um aumento do volume de tráfego e de cargas transportadas.

SERVIÇO DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES

O Serviço de Tráfego de Embarcações não é algo novo para a indústria marítima internacional. Em operação em países na Europa e da América do Norte desde o início dos anos 1950, esse tipo de auxílio à navegação levou, no Brasil, pouco mais de seis décadas até ser estabelecido, o que foi feito em 2015 pelo Porto do Açu, complexo portuário privado localizado no Estado do Rio de Janeiro. Nas áreas portuárias, o serviço oferece uma contribuição valiosa em termos de segurança da navegação e proteção do meio ambiente marinho, além de proporcionar incremento na eficiência do fluxo de tráfego de embarcações, com reflexos na melhoria do desempenho dos portos (IMO, 1997).

No campo internacional, coube à Organização Marítima Internacional (IMO) a introdução do VTS no arcabouço regulatório que trata da navegação comercial marítima. Um dos primeiros e principais normativos sobre o tema foi a Resolução A.857(20), de 27 de novembro de 1997, que estabeleceu as diretrizes para este serviço. Quanto ao seu funcionamento em termos de normatização, desenvolvimento e produção de melhores práticas em nível internacional, há de se destacar o trabalho

realizado pela Associação Internacional de Autoridades em Auxílios à Navegação Marítima e Faróis (Iala)¹ na produção de padrões, recomendações e diretrizes que abrangem aspectos tais como a organização do serviço, requisitos para equipamentos, treinamento e desenvolvimento de pessoal, entre outros.

No Brasil, compete à Marinha do Brasil (MB), no papel de Autoridade Marítima, a regulação e fiscalização do serviço. De acordo com a definição adotada pela Autoridade Marítima brasileira, derivada dos documentos de referência internacionais expedidos pela IMO e pela Iala,

o Serviço de Tráfego de Embarcações é um auxílio eletrônico à navegação, com capacidade de prover monitorização ativa do tráfego aquaviário, cujo propósito é 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 (MB, 2018).

Complementando o entendimento, “auxílio à navegação” (ou AtoN)², conforme disposto pelas Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (Normam-17), é “um dispositivo, sistema ou serviço externo à embarcação, estabe-

lecidos para auxiliar o navegante a determinar sua posição e rumo, alertar sobre os eventuais perigos à navegação existentes na sua derrota e demarcar os limites dos canais de navegação” (MB, 2017a).

O VTS é um serviço implementado por uma autoridade competente, por exemplo a própria Autoridade Marítima ou a administração do porto, projetado para a melhoria da segurança e da eficiência do tráfego de embarcações, o que contribui para a proteção do meio ambiente ao reduzir o risco de colisões e abalroamento entre embarcações (IMO, 1997). A Norma da Autoridade Marítima para o Serviço de Tráfego de Embarcações (Normam-26) acrescenta que “tal serviço deve ter a capacidade de interagir com o tráfego e responder às situações de tráfego que se desenvolvam dentro da área de interesse VTS” (MB, 2018).

A relevância do VTS para o sistema portuário nacional é reconhecida e vem sendo debatida pelo Governo Federal há alguns anos. Entre outras iniciativas, merece destaque a publicação pela Marinha do Brasil, em 2009, da primeira versão da Normam-26, por intermédio da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). A norma estabelece os requisitos aplicáveis ao estabelecimento e à manutenção do serviço, o que abriu caminho para os primeiros projetos visando à sua implementação. Posteriormente, em

A Normam-26 estabelece os requisitos aplicáveis ao estabelecimento e à manutenção do Serviço de Tráfego de Embarcações, o que abriu caminho para os primeiros projetos visando à sua implementação

1 A Iala é uma associação técnica internacional sem fins lucrativos fundada em 1957, atualmente com *status* consultivo junto à IMO.

2 Na literatura técnica sobre o assunto, é comum a referência aos auxílios à navegação pela sigla AtoN, originada do termo em inglês *Aid to Navigation*.

2012, como um desdobramento do Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP), a então Secretaria Especial de Portos da Presidência da República (SEP/PR) coordenou a elaboração de Planos Mestre (PM) individuais para os portos organizados do País. Nestes planos, diversas iniciativas e investimentos fundamentais para o desenvolvimento do sistema logístico nacional foram apontadas e, dos 14 portos estudados, para 12 deles constam a implementação do serviço de tráfego de embarcações (SEP/PR, 2012).

Traçando um paralelo com a aviação comercial, em cada aeroporto e área do espaço aéreo de uma nação existe em funcionamento uma torre ou centro de controle dedicado à gestão do tráfego de aeronaves. Esta gestão visa evitar, por exemplo, que duas aeronaves trafeguem pela mesma aerovia em determinado espaço de tempo ou, ainda, que se aproximem de forma a oferecer riscos inaceitáveis à segurança. Grosso modo, esse é o mesmo conceito aplicado ao serviço prestado às embarcações no mar em áreas costeiras, portuárias e/ou vias navegáveis pelo VTS. Assim, os VTS são sistemas baseados em terra que cobrem desde o fornecimento de mensagens simples de informação aos navios, tais como a posição de outras embarcações na área ou avisos meteorológicos de interesse local, até a gestão extensiva do tráfego dentro de um porto ou uma via navegável (IMO, 2020).

O VTS é estabelecido em uma área de interesse à navegação como uma camada

adicional de auxílio à navegação, em complemento às já existentes no local, tais como as boias do balizamento em canais de navegação, os faróis em áreas costeiras ou os equipamentos Responder Radar (Racon³) comumente encontrados em locais como vãos de pontes ou na sinalização de perigos específicos à navegação. Respeitadas as características e o modo de operação de cada auxílio, todos conferem o aumento na segurança do tráfego de embarcações.

O centro de controle de um serviço de tráfego de embarcações, local físico a partir de onde o serviço é efetivamente prestado, denomina-se Centro VTS. É neste ambiente que os Operadores do Serviço de Tráfego de Embarcações (VTSO) têm a sua disposição a imagem do tráfego da área de interesse, bem como acesso a meios de comunicação diretos com as embarcações. Dentre os principais equipamentos e sistemas disponíveis aos VTSO, destacam-se (IALA, 2016; MB 2019):

– Equipamento Radar/Arpa⁴: sensor ativo mais importante de um VTS, utilizado para a detecção de embarcações na área de interesse do VTS associado a um sistema capaz de realizar cálculos de previsão de rota dos navios, ponto de máxima aproximação entre embarcações, monitoração de embarcações em área de fundeio, apresentação de vetores de movimento das embarcações (rumo, velocidade e identificação), emissão de alertas de aproximação e colisão etc. Sem o Radar/Arpa não é possível a geração de uma imagem do tráfego.

3 Racon é a sigla em inglês para *Radar Beacon* (Respondedor Radar). O Racon é um equipamento eletrônico instalado em um sinal náutico ou ponto de interesse que se deseja sinalizar ao navegante, por exemplo o vão de uma ponte, que é capaz de identificar os pulsos emitidos pelo radar da embarcação e responder com um sinal específico que é apresentado na tela do equipamento da embarcação (MB, 2017a).

4 Arpa é a sigla em inglês para *Automatic Radar Plotting Aid* (Recurso Automático de Auxílio à Plotagem de Radar). O Arpa é um equipamento que funciona associado ao radar para cálculos automáticos relativos aos movimentos das embarcações presentes na área em que o navegante se encontra, sinalizando o risco de colisão.

– Sistema de Identificação Automática (AIS)⁵: utilizado para detecção, identificação e acompanhamento automático das embarcações na área do porto. As embarcações comerciais contam com equipamento AIS a bordo recebendo e transmitindo sinal em faixa específica de frequência VHF⁶ a todas as embarcações e estações fixas em terra localizadas na área, facilitando a detecção de alvos, especialmente em casos de mau tempo com chuva grossa e em trechos curvos com obstáculos em terra, condições em que o radar perde efetividade. Outro emprego mais recente para o sistema é o gerenciamento de auxílios à navegação (AIS AtoN)⁷, como, por exemplo, a implantação de uma boia virtual que será apresentada no sistema de carta náutica eletrônica das embarcações que trafegam na área (ECDIS)⁸, mas que fisicamente não existe no balizamento.

– Sistema fechado de câmeras (CFTV): incluindo câmeras com geração de imagem em alta definição e/ou câmeras de visão noturna, com funcionalidades diversas, tais como acompanhamento automático de embarcação em trânsito, *zoom* ótico e digital proporcionando melhor visualização de manobras de giro e aproximação ao cais etc.

Os Centros VTS não têm a intenção de reduzir ou suprimir a necessidade do serviço de praticagem a bordo em assessoria direta ao comandante da embarcação

– Sistema eletrônico de apresentação de dados: a imagem do tráfego composta por todos os alvos (embarcações) é gerada para os operadores sobre a representação cartográfica da área de interesse (carta náutica eletrônica), a partir da integração de todos os sinais dos sistemas Radar/ Arpa, AIS e CFTV, proporcionando ao VTSO a plena consciência da situação na sua área de monitoramento.

– Equipamento de radiotelefonia: operando em frequência VHF nas faixas de comunicação do Serviço Móvel Marítimo (e, em alguns casos, também em HF), com sistema de gravação das comunicações por voz trocadas entre o VTSO e os demais atores que interagem com o serviço.

– Sensores meteorológicos: utilizados para a medição local de

parâmetros tais como intensidade dos ventos, chuvas, visibilidade, ondas, correntes, maré etc.

A depender das especificidades locais e do volume de tráfego marítimo, as embarcações são capazes de trafegar nas vias navegáveis de forma independente. Entretanto, em outros casos, as embarcações precisam interagir com serviços de informação baseados em terra. Dessa forma, os Centros VTS podem ser estruturados para prestar diferentes tipos de serviço aos

5 AIS é a sigla em inglês para *Automatic Identification System* (Sistema Automático de Identificação).

6 VHF é a sigla em inglês para *Very High Frequency* (Frequência Muito Alta). Esta é a faixa de frequência do sinal rádio entre 30 e 300 MHz.

7 AIS AtoN é a sigla em inglês para *Automatic Identification System – Aid to Navigation* (Sistema Automático de Identificação – Auxílio à Navegação).

8 ECDIS é a sigla em inglês para *Electronic Chart Display and Information System* (Sistema Eletrônico de Apresentação de Cartas e Informações).

navegantes na área de interesse, que vão do mais básico serviço de informação (INS), em que o VTS atua somente na provisão de informações relevantes às embarcações na área, passando pelo serviço de organização do tráfego (TOS), em que o VTS faz a gestão operacional do tráfego na área, até o serviço de assistência à navegação (NAS), em que o VTS, além da gestão do tráfego, é capacitado a prover instruções diretas para a navegação na área (IALA, 2016). Importante destacar que em nenhum dos casos o Centro VTS tem a intenção de reduzir ou suprimir a necessidade do serviço de praticagem a bordo em assessoria direta ao comandante da embarcação.

Além do navegante, o VTS deve ser capaz de trocar informações com outras organizações externas denominadas “serviços aliados”, tais como (no caso do Brasil) os serviços de praticagem e de rebocagem portuária, agentes marítimos, Marinha do Brasil, Polícia Federal, Receita Federal, Agência Nacional de Vigilância Sanitária etc., organizações públicas e privadas com atuação na área do porto. A troca de informações com esses atores é basicamente relacionada à gestão do tráfego e de perigos, operações de busca e salvamento nas proximidades ou que utilize a área do porto como ponto de apoio em terra e/ou para obtenção e recursos, apoio às cadeias logísticas de transporte de carga, aplicação da lei, proteção ambiental, gestão da infraestrutura aquaviária e informações de segurança marítima (IALA, 2016).

Hoje existem no Brasil dois Centros VTS em operação, quais sejam o VTS

do Porto do Açu (RJ) e o VTS do Porto de Vitória (ES), com os portos de Santos (SP) e Rio de Janeiro (RJ) em diferentes estágios de desenvolvimento dos seus projetos. É notório destacar que o VTS, ao trabalhar com a prevenção de eventos adversos, contribui sobremaneira para a redução de custos com seguros e na remediação de eventuais acidentes que, de outra forma, teriam se materializado ou tomado maiores proporções.

SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA COMO AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

Conforme mencionado anteriormente, o Sistema de Identificação Automática (AIS) é um sistema autônomo de transmissão de mensa-

gens que opera na faixa de frequência VHF, permitindo a troca automática de informações tais como a identificação do navio e seu tipo, posição, rumo e velocidade tanto entre estações móveis no mar quanto entre as

Ao trabalhar com a prevenção de eventos adversos, o VTS contribui para a redução de custos com seguros e remediação de eventuais acidentes

embarcações e estações fixas em terra, como um Centro VTS (IALA, 2011). Entretanto, além da utilização do AIS pelos portos para a gestão do tráfego de embarcações, outra possibilidade interessante da utilização do sistema em áreas portuárias é o gerenciamento de auxílios à navegação eletrônicos, conhecidos pela sigla AIS AtoN, quer seja aumentando a confiabilidade do balizamento implementado, quer seja possibilitando o posicionamento de um AtoN em local onde um sinal real, físico, seja muito difícil de ser implementado e mantido.

A partir de uma instalação em terra, como um Centro VTS ou a Atalaia⁹ do Serviço de Praticagem, uma estação-base AIS conectada a uma ou mais torres de antenas emite de forma constante o sinal em VHF que é recebido pelo sistema AIS a bordo das embarcações. Uma vez recebido, o sinal que representa uma ou mais boias virtuais é então apresentado ao navegante na tela do ECDIS, com confiabilidade e precisão em relação ao ponto exato que se pretende sinalizar. Uma das principais vantagens é que esses sinais eletrônicos são fixos, ou seja, não mudam de posição ou “apagam”, diferentemente do que pode acontecer com os sistemas compostos por boia e lanterna. Assim, o navegante não perde a referência do balizamento na carta náutica, que representa os limites do canal de acesso ou via por onde trafega.

A utilização de uma estação-base AIS para a geração de auxílios à navegação tem a capacidade de prover informação para (IALA, 2008):

- ser usado como um novo AtoN;
- complementar os AtoN reais já existentes na área;
- monitorar o desempenho dos AtoN existentes na área;
- monitorar a posição de AtoN flutuantes, tais como boias;
- fornecer identidade, estado operacional e outras informações de navegação, como dados meteorológicos e hidrológicos, se disponíveis, para navios e autoridades costeiras;
- ser usado para avaliar o tipo e os padrões de tráfego para auxiliar no fornecimento do nível apropriado de serviço e combinação de AtoN.

No Brasil, a utilização do AIS AtoN é regulado pela Autoridade Marítima por

meio das Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (Normam-17). Conforme a referida norma, um AIS AtoN pode ser implementado de três formas distintas, de acordo com a existência ou não de um sinal real associado ao sinal eletrônico gerado, bem como com relação ao local a partir de onde o sinal AIS é gerado (MB, 2017a):

- AIS AtoN Real: quando o próprio auxílio à navegação, uma boia luminosa, por exemplo, é equipado com uma estação AIS, que transmite a sua posição em tempo real para as estações receptoras localizadas na área. Dessa forma, a utilização do AIS é associada a um auxílio à navegação que fisicamente está presente no local, tornando fácil sua localização eletrônica e a identificação de desvios com relação à sua posição de projeto.

- AIS AtoN Sintético: quando existe um auxílio à navegação fixo em determinada posição, mas o sinal AIS é produzido por uma transmissão originada em uma estação localizada longe do auxílio à navegação real ao qual está associado, podendo ser do tipo “monitorado”, quando há um meio de verificar e confirmar o estado ou a posição do auxílio físico, ou “previsto”, quando essa possibilidade não existe.

- AIS AtoN Virtual: quando um AIS AtoN simula um auxílio à navegação que fisicamente não existe, sendo, portanto, transmitido a partir de uma estação em terra. Dessa forma, o sinal eletrônico funciona como uma boia virtual.

A utilização de AIS AtoN pode atender a diversos fins relacionados à segurança da navegação, sendo o AIS AtoN virtual particularmente útil para a marcação de perigos à navegação em base temporária até que um auxílio à navegação real

9 Atalaia, ou Estação de Praticagem, é a estrutura operacional e administrativa organizada de forma a prover, coordenar, controlar e apoiar o atendimento do prático à embarcação em uma determinada área (MB, 2011).

possa ser instalado (MB, 2017a). Dentre as opções abertas por intermédio desta tecnologia, destacam-se: a demarcação de cascos soçobrados (embarcações naufragadas) e de novos bancos de areia em rios; a sinalização de alto-fundos, onde a instalação de um auxílio real possa dificultar a navegação para embarcações com calados menores; o posicionamento para embarque de prático e sinalização provisória de referência para a navegação; identificação de novos perigos; sinalização de áreas afastadas da costa; e áreas de despejo de dragagem, entre diversas outras, com a conveniência de que os sinais podem ser configurados previamente e ligados a qualquer momento, acelerando o tempo de resposta quando necessário (MB, 2017; OLIVEIRA, 2018).

Os propósitos principais da utilização do AIS AtoN em uma via ou área portuária são a promoção e o aumento da segurança da navegação, bem como da eficiência das movimentações dos navios na área (IALA, 2011). Um exemplo pioneiro, no Brasil, de implantação e operação de AIS AtoN é a experiência na Zona de Praticagem 03 (Pará) iniciada em 2018, com o balizamento virtual empregado desde a localidade conhecida como Boca das Onças até a foz do Rio Pará. Segundo Oliveira (2018), os práticos que atuam no serviço de praticagem local consideram que o sistema foi uma necessidade de segurança, na medida em que as boias reais sofriam vandalismo e porque a extensão dos canais dificultava a manutenção dos equipamentos, além da dificuldade de visualização dos auxílios em época de aguaceiros, evento frequente na região que prejudica a identificação da boia física no campo visual e no radar.

Apesar das diversas vantagens trazidas pela utilização da tecnologia, é importan-

te ressaltar que existem também certos inconvenientes associados à mesma. Por exemplo, para as embarcações de menor porte que não são dotadas de sistemas ECDIS, a utilização de um AIS AtoN Virtual, em detrimento da utilização de uma boia de sinalização real, pode trazer risco ao navegante. Dessa forma, a IMO estabelece que estes auxílios

não devem ser utilizados para marcar de forma permanente um objeto para o qual um AtoN físico seja possível, mas podem ser considerados para a marcação de um objeto ou recurso em que for difícil ou economicamente irracional o estabelecimento de um AtoN físico, devido a restrições ambientais, em águas profundas ou condições marítimas adversas (IMO, 2014).

CALADO DINÂMICO

O aumento contínuo do porte das embarcações comerciais, como forma de possibilitar ganhos de escala pela redução dos custos de transporte por tonelada transportada, lançou um desafio aos portos em todo mundo. O caso brasileiro não foi diferente, uma vez que nossos portos, historicamente, se desenvolveram em regiões de profundidade natural, adequadas às embarcações da época em que foram construídos, mas que, com o incremento gradual nas dimensões dos navios, passaram a depender cada vez mais de intervenções, tais como obras de derrocagem¹⁰ e dragagem (ARGONÁUTICA; PRATICAGEM SP, 2017).

Essas obras de engenharia portuária, necessárias à construção e manutenção dos canais de acesso aos portos, são extremamente complexas e intensivas na

10 Obras para remoção de pedras no leito marinho.

utilização de recursos financeiros, além de representarem riscos ao meio ambiente. Agrava a situação no Brasil o fato de o País não contar com uma companhia de dragagem nacional equipada com dragas capazes de realizar obras de grande porte, o que leva os portos e terminais nacionais a buscar os serviços de companhias de dragagem do exterior. Essa dinâmica contribui para o aumento dos riscos e dos custos associados, quer seja pela questão cambial envolvida, quer seja pela necessidade de mobilização e desmobilização das dragas do exterior (dependência do mercado externo).

Segundo o marco legal do setor portuário¹¹, a atribuição do Calado Máximo Operacional (CMO)¹², em função da Folga Abaixo da Quilha mínima requerida (FAQ mínima)¹³ no porto é atribuição da administração do porto, em coordenação com o Serviço de Praticagem e a Autoridade Marítima (BRASIL, 2013). Os cálculos que suportam essa atribuição de calado são baseados em recomendações técnicas bem difundidas internacionalmente, tais como aquelas publicadas pela Associação Mundial para a Infraestrutura de Transportes Aquaviários (Pianc)¹⁴, sendo comumente realizados de forma dita estática.

Para ampliar seus limites operacionais sem investimentos vultosos, portos nacionais têm buscado inovações tecnológicas

Em síntese, esse método considera valores fixos de forma conservadora para cada uma das variáveis aplicáveis, como, por exemplo, valores majorados de altura de onda, vento e correntes em conjunto com as menores profundidades encontradas ao longo da via navegável, configurando o cálculo para o “pior caso”. Assim, o método desconsidera as condições existentes no momento da manobra real e os movimentos que são de fato esperados do navio em resposta às interações com os agentes externos, o que, na maioria dos casos, implica um CMO mais conservador.

O CMO dos navios que escalam os terminais é um importante parâmetro operacional para o funcionamento ótimo do porto, dado que essa medida é diretamente relacionada à quantidade máxima de carga que pode ser transportada por cada navio (ARGONÁUTICA; PRATICAGEM SP, 2017). Caso a via de acesso ao porto não permita que a capacidade máxima de carga do navio seja efetivamente usada, ocorrerá uma subutilização da embarcação, com conseqüente aumento dos custos. Esse é o aspecto econômico associado à necessidade de reestabelecimento constante das profundidades dos canais de acesso por meio de investimento em obras

11 Lei nº 12.815 de 5 de junho de 2013 (nova Lei dos Portos), que dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários [...] (BRASIL, 2013).

12 Calado é o nome dado à distância vertical medida entre a superfície da água e o fundo da embarcação (quilha). Calado Máximo Operacional (CMO) é definido como o calado máximo para o qual uma embarcação pode ser carregada em um dado conjunto de condições (MB, 2019).

13 Folga Abaixo da Quilha (FAQ) é a distância entre a parte mais funda da embarcação (quilha) e o fundo do canal.

14 A Pianc é uma organização profissional internacional cuja missão hoje é fornecer orientação e assessoria em questões técnicas, econômicas e ambientais relativas à infraestrutura de transporte aquaviário, incluindo canais de acesso a portos.

de dragagem, o que, por sua vez, ocorre em consequência de fatores naturais (transporte e disposição natural de sedimentos no fundo dos canais e vias navegáveis) que causam a perda gradual de profundidade com o passar do tempo.

Em busca de ampliar os limites operacionais da atual infraestrutura portuária brasileira sem recorrer a vultosos investimentos, tais como aqueles associados a obras de dragagem, os portos nacionais têm buscado inovações tecnológicas que visam ao aumento da eficiência e capacidade de movimentação de cargas (ARGONÁUTICA; PRATICAGEM SP, 2017). Uma dessas inovações é a utilização de *softwares* para cálculo de CMO em tempo real a partir das leituras dos parâmetros ambientais medidos no porto no momento da manobra da embarcação (vento, onda, corrente e altura da maré), considerados em conjunto com as características da via navegável (geometria do canal de navegação) e da embarcação em si (tipo, dimensões, geometria, manobrabilidade etc.) para o cálculo do calado máximo seguro. Com esse método, portanto, determinando-se o CMO específico para cada embarcação a cada trânsito com base nas condições de tempo reais, obtém-se, na maioria dos casos, um CMO acima daquele calculado no modelo estático.

O desenvolvimento de recursos computacionais, sistemas de monitoração e tecnologias de comunicação nos últimos anos provê base para a integração dessas tecnologias em um sistema computacional de cálculo de calado (RUGGERI *et al.*, 2018). Assim, os denominados “*softwares* de calado dinâmico” calculam, em tempo real, o CMO seguro para trânsito de embarcação em dado momento baseado em risco, com uma definição do nível de tolerância quantificado, o que não ocorre no método “estático”. Para o ple-

no funcionamento do *software*, se fazem necessários a coleta e o processamento de informações diversas sobre o cenário em questão, incluindo:

- informações de onda, vento, corrente e maré por sensores diversos instalados em boias ou em pontos de interesse em terra;

- dados batimétricos atualizados mostrando o perfil de profundidades do canal;

- perfil geométrico típico do navio que pretende navegar pelo canal, permitindo, assim, o cálculo dos seus movimentos associados às condições ambientais encontradas no momento da manobra (vento, onda, corrente e maré), comparado às profundidades existentes ao longo do canal, determinando o CMO seguro; e

- previsão do tempo para o local, o que, indo além da determinação do CMO para determinado trânsito, permite o planejamento do porto para os próximos dias, com base na mesma forma de gestão de CMO.

Entre os benefícios principais da utilização dessa metodologia de cálculo e ferramenta de gestão, destacam-se: aumento da segurança da navegação no porto; redução dos tempos de espera para o trânsito no porto (redução de dependência da altura de maré para possibilitar o trânsito no calado desejado); aumento da quantidade de carga que o navio pode carregar; redução do volume de dragagem necessário para a manutenção dos CMO necessários, de acordo com os perfis de operação dos terminais; e melhoria do monitoramento das condições do canal de acesso ao porto, uma vez que essa abordagem demanda a realização de levantamentos batimétricos constantes no canal, bem como o monitoramento de parâmetros meteorocinográficos em tempo real, itens ainda incipientes para a grande maioria dos portos brasileiros.

A implementação desse modelo de gestão de CMO nos portos brasileiros ganhou fôlego a partir da normatização do assunto pela Autoridade Marítima, com a publicação das Normas da Autoridade Marítima para Implantação e Operação de Sistemas para Determinação de Folga Dinâmica Abaixo da Quilha (Normam-33), em dezembro de 2019, sendo os portos de Santos, Rio de Janeiro, Itaguaí (RJ), Salvador (BA) e Suape (CE) os pioneiros na sua adoção, cada um, atualmente, em diferente estágio no processo de implementação.

EMBARCAÇÕES AUTÔNOMAS

Os Navios Marítimos Autônomos de Superfície (MASS¹⁵), ou embarcações autônomas, são aquelas embarcações de superfície capazes de serem operadas sem uma pessoa a bordo, e para as quais o nível de controle pode abranger diferentes graus. Diversos são os tipos de controles aplicáveis, sendo a embarcação autônoma propriamente dita aquela dotada do maior grau de independência e autodeterminação, capaz de avaliar o ambiente e a sua situação e, assim, definir suas ações e agir (MB, 2020). Apesar do termo “autônomo” ser o mais comumente empregado como referência às embarcações não tripuladas, ele não é utilizado em seu significado restrito. Ao contrário, refere-se de forma abrangente a qualquer embarcação não tripulada. Estas embarcações, em sua grande maioria, são controladas remotamente, em ao menos algum momento, por operadores em terra ou a bordo de outra embarcação e, portanto, não agem de forma completamente independente (FERREIRA *et al.*, 2016).

As embarcações autônomas podem ser empregadas em diversas atividades

em que a remoção do tripulante de bordo para um controle de missão autônomo, ou operando a embarcação remotamente, é tida como uma questão importante, quer seja pelo fator segurança para a tripulação, quer seja para a redução dos custos envolvidos (FERREIRA *et al.*, 2009). Entre as possibilidades de utilização dessas embarcações mais afins à gestão de áreas portuárias, podem ser citadas: monitoramento de áreas de fundeio e berços de atracação; emprego em apoio a ações de segurança (repressão de ilícitos e defesa de instalações portuárias); atividades de controle de poluição marítima e monitoração de vazamentos de óleo; monitoramento da precisão de obras de engenharia portuária (tais como na construção de quebra-mares, berços de atracação etc.); serviços de inspeção e fiscalização de áreas portuárias e de embarcações; amostragem e monitoramento da qualidade da água em tempo real; e, uma das mais promissoras, realização de levantamentos hidrográficos (FERREIRA *et al.*, 2009; TIDEWISE, 2020).

Segundo a Autoridade Marítima brasileira, levantamento hidrográfico é o conjunto de atividades executadas na obtenção de dados batimétricos, geológicos, maregráficos, fluviométricos, topo-geodésicos, oceanográficos e geofísicos, em áreas marítimas, fluviais, lacustres e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, que não tenham como finalidade a pesquisa pura e a investigação científica (MB, 2017b). Tradicionalmente, a coleta de dados batimétricos, ou seja, a medição das profundidades ao longo de uma via de acesso ao porto, bacias de evolução, berços, áreas de fundeio ou áreas de despejo de dragagem, é realizada com o emprego

15 MASS é a sigla em inglês para *Marine Autonomous Surface Ship*, (Navios Marítimos Autônomos de Superfície).

de embarcações de pequeno porte tripuladas com cerca de quatro a cinco profissionais¹⁶, onde os equipamentos necessários são instalados e testados para a atividade. O modelo atual, além de apresentar custo operacional elevado, associado à aquisição (amortização do investimento), operação e manutenção de embarcação, que se traduz no valor pago pela sua mobilização, geralmente, de outra localidade até o porto, associado aos custos com tripulação, víveres e combustível, torna a atividade custosa, além de oferecer certo grau de risco aos tripulantes na realização de campanhas em áreas muito afastadas e desabrigadas, tais como em áreas de despejo de material de dragagem.

O emprego de embarcações autônomas em levantamentos hidrográficos proporciona uma redução considerável de risco à vida humana e ao meio ambiente marinho, por serem elas operadas remotamente e sem uma tripulação a bordo, eliminando a necessidade de estoque de água potável ou víveres a bordo e a consequente geração de resíduos diversos associados ao seu consumo inerente à presença humana. Essa redução de risco deve-se, ainda, a serem estas embarcações de dimensões muito menores em comparação às convencionais, devido à eliminação de elementos desnecessários, tais como superestrutura para as acomodações, passadiço¹⁷ e de compartimentos

maiores para as máquinas (por usarem motores e equipamentos de menor porte, o que as tornam mais leves e com menor demanda energética para operação).

Segundo Ferreira *et al.* (2009; 2016), em certas circunstâncias, a utilização de embarcações de maior porte apresenta algumas limitações, tais como na realização de medições de profundidade em águas rasas (como em áreas próximas ao litoral), em ambientes inóspitos ou de difícil acesso e em áreas que, por quaisquer motivos, ofereçam riscos à navegação, casos em que as embarcações autônomas podem ser

equipadas com diversos sensores que permitem a coleta de dados nas áreas onde os levantamentos tradicionais não são justificados ou não podem ser realizados, sejam por questões técnicas, de segurança ou financeira. Assim, ainda segundo o autor,

levantamentos batimétricos realizados por meio destas embarcações autônomas podem, dependendo de certas particularidades, possuir muitas vantagens. De acordo com o grau de autonomia da embarcação, a intervenção humana durante a coleta de dados é mínima ou nenhuma, o que, para essa atividade, é bastante útil, visto que a embarcação autônoma pode executar, a partir de poucos comandos, uma série de linhas de sondagem repetidamente, se necessário, o que seria uma tarefa demorada e dispendiosa para em-

O emprego de embarcações autônomas em levantamentos hidrográficos proporciona uma redução considerável de risco à vida humana e ao meio ambiente marinho

16 A equipe total envolvida em um levantamento hidrográfico em uma área portuária pode chegar a oito profissionais, uma vez que eles devem realizar revezamento a bordo ao longo da campanha, de forma a possibilitar que a embarcação opere o mais próximo possível de 24 horas por dia na obtenção dos dados de profundidade.

17 Passadiço é o nome dado ao local do navio onde os tripulantes manobram a embarcação.

barcações tripuladas (FERREIRA *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2016)

Muitos são os fatores que afetam a qualidade dos dados batimétricos obtidos pelo equipamento embarcado durante uma campanha de batimetria. Os próprios movimentos da embarcação causados por ondas, ventos, correntes e pela variação da altura da maré podem gerar incertezas substanciais, a ponto de prejudicar a consistência dos dados coletados, o que demanda a realização de medições desses parâmetros ambientais e dos movimentos da embarcação para correção dos valores de profundidade medidos. Em áreas desabrigadas, tais como as extensões *offshore* dos canais de acesso aos portos e áreas de despejo de dragagem, as embarcações de menor porte tendem a apresentar amplitudes e variações de movimento maiores em resposta à ação dos agentes ambientais, o que, por vezes, pode representar uma limitação ao uso das embarcações autônomas para esse fim nessas áreas.

Outra limitação é a energia disponível para a operação da embarcação, uma vez que os seus equipamentos são alimentados por um conjunto de baterias que, por mais eficientes que sejam, impõem restrições com relação ao tempo máximo de operação, a potência de propulsão e à capacidade de carga adicional que pode ser embarcada, apesar do problema ser em parte compensado pela utilização de painéis fotovoltaicos (FERREIRA *et al.*, 2016). Por fim, mais um fator que atualmente limita a utilização de embarcações autônomas para a realização de levantamentos hidrográficos é o relacionado ao armazenamento de dados. Como não há cabos conectados à embarcação autôno-

ma, os dados precisam ser armazenados diretamente na embarcação, o que requer, em alguns casos, um volume excessivo de memória, ou transmitidos em tempo real por meio de redes sem fio a bordo (FERREIRA *et al.*, 2016).

No Brasil, a utilização de embarcações autônomas pelos portos é ainda incipiente. No entanto, a publicação pela Autoridade Marítima, em 2020, do primeiro documento¹⁸ regulando a operação desse tipo de embarcação em águas jurisdicionais brasileiras certamente abre caminho para a difusão dessa tecnologia. Nesse primeiro momento, somente embarcações classificadas como “ultraleves” ou “leves”, com comprimento total de até 12 metros, estão autorizadas a operar em águas jurisdicionais brasileiras (MB, 2020), o que já atende a diversas finalidades na gestão portuária, incluindo a realização de levantamentos batimétricos. Na esteira desse desenvolvimento, o USV¹⁹ Tupan, da empresa Tidewise, lançado no mesmo ano,

é a primeira embarcação multipropósito não tripulada projetada e construída inteiramente em território brasileiro e com tecnologia própria, estando apta a transportar uma variedade de equipamentos de sensores para a coleta eficiente e econômica de dados, possibilitando a realização de serviços de levantamento hidrográfico em até 800 metros de profundidade e coleta de dados ambientais (TIDEWISE, 2020).

O uso de embarcações convencionais ainda é hoje o principal meio utilizado para a obtenção de dados batimétricos. Entretanto, assim como ocorre com toda

18 Portaria nº 59/DPC, de 19 de fevereiro de 2020, que divulga o Regulamento Provisório para Operação de Embarcação Autônoma.

19 USV é a sigla em inglês para *Unmanned Surface Vehicle*, ou Veículo de Superfície Não Tripulado.

nova tecnologia recém-implementada, a partir da difusão do seu emprego, do aumento do número de prestadores de serviço que a utilizam e do conhecimento da tecnologia pelos próprios tomadores desse tipo de serviço, a expectativa é de difusão da utilização associada à realização de campanhas de batimetria pelos portos, o que, por sua vez, tende a elevar a frequência com que as administrações portuárias realizam as monitorações de profundidade das áreas sob sua gestão, impactando positivamente a segurança da navegação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento das dimensões e da capacidade de carga das embarcações ao longo dos anos ocorreu de forma bastante acelerada, o que não pode ser acompanhado no mesmo ritmo pelos portos. Equipamentos de movimentação de carga, tais como guindastes, podem, com certa facilidade, ser modernizados e substituídos para acompanhar a demanda. Entretanto o mesmo não acontece com os canais que dão acesso aos portos.

A utilização de novas tecnologias na gestão dessas vias de acesso aquaviário aos portos e terminais brasileiros busca, dessa forma, a maximização dos recursos e da infraestrutura atualmente disponíveis para

permitir que os ganhos de escala proporcionados pela utilização de navios maiores sejam também possíveis aos produtos que entram e saem do Brasil. Indo além do aumento do número de manobras, do aumento da quantidade de embarcações e da quantidade total de carga que o porto pode movimentar, ao melhorar a gestão aplicada às vias, ganhos derivados da redução do risco se materializam em termos de redução dos seguros aplicáveis aos operadores portuários, a título de exemplo.

Acompanhando essa evolução, a Autoridade Marítima brasileira, responsável pela segurança da navegação nas águas jurisdicionais brasileiras, ao publicar os critérios básicos para o estabelecimento e o funcionamento dessas soluções, oferece as bases normativas necessárias ao desenvolvimento dos primeiros casos de implementação. A manutenção de canais de diálogo técnico entre o setor portuário e a Autoridade Marítima é, portanto, de fundamental importância nesse processo, viabilizando a materialização de externalidades positivas em prol do avanço do setor portuário nacional, tais como a redução dos custos com dragagem e o aumento do calado dos navios, de forma alinhada à missão institucional da Autoridade Marítima no que tange à salvaguarda da vida humana no mar, segurança da navegação e prevenção da poluição hídrica.

 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<PODER MARÍTIMO>; Sistema Portuário; Tráfego Marítimo;

REFERÊNCIAS

Os interessados em obter as Referências Bibliográficas devem entrar em contato com o autor pelo e-mail: luizgch@hotmail.com.