

# BOIAS ARTICULADAS SUBMERSÍVEIS

AIRTON ANTONIO RODRIGUES\*  
Capitão de Fragata (RM1)

---

## SUMÁRIO

Introdução  
Boia Articulada Submersível  
Alinhamento por portões duplos usando boias articuladas  
Utilização de boias articuladas submersíveis como “torres de transmissão” de dados meteoceanográficos  
Vantagens na substituição das boias luminosas flutuantes por Boias Articuladas Submersíveis  
Conclusão

## INTRODUÇÃO

A formação do sistema portuário brasileiro está historicamente relacionada com a ocupação e o povoamento do território, pois o mar constituía a única ligação entre a Colônia e a Coroa Portuguesa, bem como entre as vilas fundadas ao longo da

extensa costa brasileira e nas margens das muitas bacias hidrográficas descobertas.

Entre os anos de 1840 e 1870, predominou no Brasil a navegação fluvial a vapor, melhorando a utilização dos rios como vias de comunicação. A navegação ainda conviveu, principalmente em longas distâncias, com as ferrovias,

---

\* Hidrógrafo. Fundador da UMI SAN – Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda, empresa que atua em Hidrografia, Sinalização Náutica e gerenciamento de obras portuárias.

que tiveram seu período áureo entre as décadas de 1870 e 1940. A partir de 1940, desenvolveu-se no País o sistema rodoviário, que se tornou o modal integrador de todo o território nacional, permitindo a mudança da Capital Federal para o Centro-Oeste e sendo maximizado por este fato.

Atualmente, com o intenso desenvolvimento do agronegócio em todo o território, com a grande exploração de minério de ferro e com a expansão da fronteira agrícola para o Oeste e Norte, o sistema portuário nacional, com a estrutura instalada, não atende à costa litorânea de 8,5 mil quilômetros de águas navegáveis e a mesma distância na navegação interior da região amazônica.

O sistema portuário brasileiro foi no passado, continua a ser e será no futuro o motor da expansão socioeconômica do Brasil, possibilitando o incremento do comércio internacional de mercadorias, que é responsável por mais de 90% das exportações brasileiras.

Para a continuidade dessa expansão socioeconômica, faz-se necessária a implantação de novas estruturas portuárias ao longo dessa extensa costa, pois as existentes, normalmente localizadas em águas abrigadas (baías e rios), estão chegando ao limite em profundidade e área de manobra para atender ao aumento nas dimensões dos navios que tem ocorrido nas últimas décadas. Além disso, elas são insuficientes e inadequadamente localizadas para atender à demanda gerada nas últimas décadas com o desenvolvimento da exportação de *commodities* (agrícolas e minérios) produzidas no País.

Portanto, o Brasil necessita buscar o desenvolvimento de sua infraestrutura portuária, maximizando o uso dos portos existentes, por meio de dragagens e derrocamentos e, principalmente, construindo

novos portos em águas abrigadas, se disponíveis, ou em mar aberto (*offshore*), se necessário.

Para a implantação de um novo porto são necessários muitos estudos e levantamentos hidro-oceanográficos, buscando-se a melhor solução técnica, ambiental e econômica para o projeto, que, via de regra, consome centenas de milhões de reais.

Também se contextualiza a importância de um sistema eficaz de sinalização náutica para a operação de um porto, lembrando que esta sinalização define a hidrovia onde os navios trafegam, garantindo a segurança dos mesmos, das pessoas envolvidas e do meio ambiente, pois sem a sinalização náutica apropriada na área de acesso e manobra do porto (canal de acesso, bacia de evolução e bacia do berço), por melhor que sejam as instalações portuárias (*shiploaders*, defensas, cais de acostagem, retroárea, quebra-mar etc.), o porto não cumprirá sua finalidade precípua, que é receber, carregar e/ou descarregar navios com segurança.

No desenvolvimento de um projeto de sistema de sinalização náutica para um porto, devem-se considerar todas as condições meteoceanográficas e hidrográficas, buscando o melhor tipo de sinal náutico que atenda àquelas condições. Este artigo se propõe a considerar e analisar estes aspectos e propor uma solução eficaz.

## **BOIA ARTICULADA SUBMERSÍVEL**

Em 1999 aconteceu em Vitória (ES) um acidente gravíssimo, que foi o encalhe do VLOC *Weser Ore* na margem do canal de acesso ao porto de Tubarão, defendida por uma boia flutuante (ver Figura 1).

Este acidente poderia ter sido muito pior caso houvesse ocorrido vazamen-



Figura 1 – Encalhe do VLOC *Weser Ore* no porto de Tubarão, em 4 de outubro de 1999

to de óleo para a Baía de Vitória. O acidente foi emblemático, pois o navio estava defendido por um sinal flutuante e sofreu o encalhe ainda nesta condição. Isto configura-se como a quebra de um paradigma da navegação, pois, independentemente das causas do encalhe, um sinal lateral fundeado num canal não pode deixar de demarcar a margem deste canal em nenhuma condição meteorológica.

No croqui (Figura 2), verifica-se que, tanto em canais dragados como em naturais, a incerteza devido à derivação do sinal flutuante sempre configura-se como um risco potencial, gerando dúvidas para o navegante, que pode levá-lo a um acidente de graves consequências.

Côncio da importância da confiabilidade de um sinal flutuante, que não sujeite o navegante às incertezas da oscilação em função das correntes e dos ventos, e também

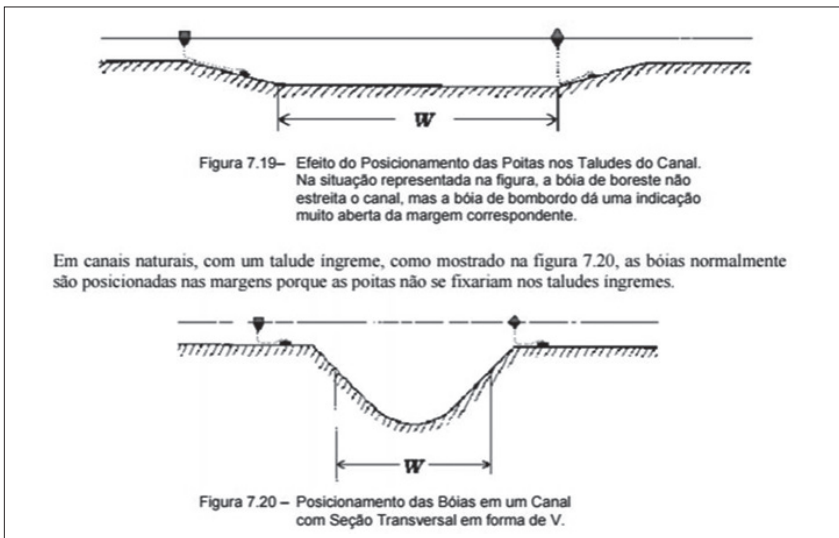


Figura 2 – Croqui do posicionamento de boias flutuantes em canal

Fonte: *Manual de Sinalização Náutica, Vol. I – Fundamentos da Sinalização Náutica Visual*

entendendo que esse sinal necessita que sua implantação e manutenção possam ser executadas de forma simples e sem o uso de grandes equipamentos, desenvolveu-se o conceito de uma Boia Articulada Submersível (BAS), que pode ser implantada e retirada com o apoio de mergulhadores, bastando alagar o seu flutuador. Além da vantagem de não necessitar de equipamentos para manusear grandes quantidades de correntes, a BAS apresenta muitas outras vantagens sobre as boias flutuantes, conforme será aqui exposto. A BAS é apresentada esquematicamente na Figura 3.

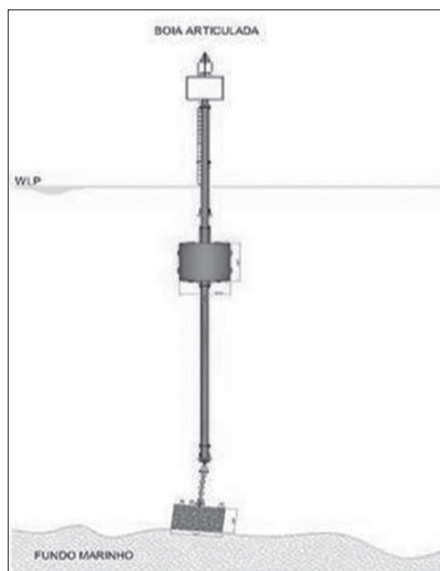


Figura 3 – Croqui da Boia Articulada Submersível  
Fonte: UMI SAN, 2017

A BAS possui, em seu flutuador, compartimentos estanques capazes de propiciarem a sua submersão por meio do alagamento desses compartimentos, aliviando assim a tensão exercida pelo empuxo no sistema de fundeio e permitindo que a equipe de mergulhadores possa realizar a liberação das manilhas e a substituição ou retirada da boia.

A seguir, apresenta-se uma análise das opções de sinalização náutica a serem utilizadas em um canal de acesso hipotético, dragado numa área originalmente com profundidade de 18 metros. Este canal teria largura de 285 metros, profundidade mínima de 24,5 metros e comprimento de 12 mil metros; portanto, seriam dragados 6,5 metros de material ao longo de 12 km. O principal propósito é verificar qual o tipo de sinal lateral (BAS ou boia flutuante) seria adequado para instalação neste canal hipotético.

A boia flutuante é fundeada usando-se uma linha de fundeio (corrente) que necessita ter comprimento igual a, no mínimo, duas vezes a profundidade local, conforme definido na Nortec 17 (Norma Técnica para Sinalização Náutica nº 17) do Centro de Auxílios à Navegação Almirante Moraes Rego (CAMR), da Marinha do Brasil, abaixo transcrita:

#### “4. CONDIÇÕES GERAIS

##### 4.1. Dimensionamento de uma Linha de Fundeio

No dimensionamento de uma linha de fundeio, o fator correnteza deve ser considerado nos sinais a serem posicionados em profundidades pequenas e médias.

Preconiza a Iala [Associação Internacional de Autoridades de Auxílios à Navegação Marítima e Faróis] que o comprimento mínimo para as linhas de fundeio seja igual a três vezes a profundidade, aumentando-se de um comprimento igual à profundidade para cada dois nós de velocidade da corrente no local.

Observação: A regra acima exposta somente é aplicável para sinal cuja finalidade consista em assinalar perigos isolados. Quando o objetivo do balizamento consistir na demarcação de um canal navegável, a Iala recomenda a redução do comprimento da linha de

fundeio até um valor igual a duas vezes a profundidade do canal.”

As Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (Normam 17), no Capítulo 3, item 0301, abaixo transcrito, apresenta a definição de Sinais Laterais:

“0301 – Sinais Laterais

São aqueles empregados para definir as margens de um canal ou uma via navegável recomendada, segundo a direção convencional do balizamento.

a) sinal lateral de bombordo, para ser deixado por bombordo pelo navegante;

b) sinal lateral de boreste, para ser deixado por boreste pelo navegante;

c) sinal lateral de canal preferencial a bombordo, indica ao navegante que o canal preferencial, em uma bifurcação, está a bombordo; e

d) sinal lateral de canal preferencial a boreste, indica ao navegante que o canal preferencial, em uma bifurcação, está a boreste.”

Assim sendo, para definição precisa da margem do canal de acesso e para garantir a segurança da navegação em qualquer condição de maré, corrente, vento e ondas, as boias, atuando como Sinais Laterais, devem apresentar-se para o navegante sempre na margem do canal, porém, quando se utilizam boias flutuantes, as poitas não podem ser instaladas no sopé do talude do canal, pois a ação das correntes marítimas, ondas e/ou

ventos causa a deriva da boia flutuante em relação à sua poita até o limite de sua linha de fundeio. Assim, quando se utilizam boias flutuantes, para manter a segurança, deverá ser considerada uma distância à margem (sobrelargura) com dimensões tais que garantam que, em qualquer condição de corrente e vento, a boia, mesmo derivando, continue delimitando a profundidade mínima do canal. Para o cálculo dessa sobrelargura, considera-se hipoteticamente que toda a ação do mar sobre a boia flutuante esticaria ao máximo a linha de fundeio. Como esta deverá ter no mínimo 49 metros de comprimento (duas vezes a profundidade mínima de 24,5 metros), no cálculo seguinte chega-se à sobrelargura necessária:  $\text{sobrelargura} = (49^2 - 24,5^2)^{1/2} = 42,4$  metros.

Ao se utilizarem BAS como sinais laterais, eliminamos a necessidade de sobrelargura, pois estas podem ser instaladas exatamente no sopé do talude do canal e não utilizam linha de fundeio. Na Figura 4, demonstra-se o conceito da sobrelargura ocasionada pelo uso de boias flutuantes em comparação ao uso de boias articuladas submersíveis.

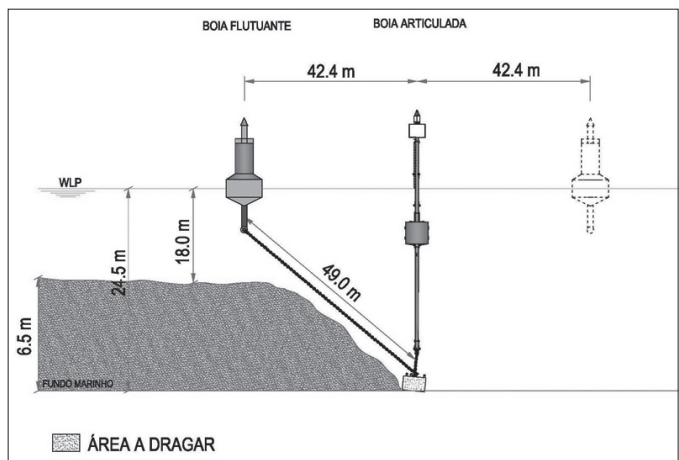


Figura 4 – Demonstração do deslocamento de boia flutuante comparado com BAS sob intensa corrente e vento perpendicular ao eixo do canal  
Fonte: UMI SAN, 2017

Portanto, a boia articulada submersível diminui muito o volume a dragar, pois elimina a necessidade de se dragar uma sobrelargura nas duas margens do canal, já que ambas estão sujeitas às mesmas variações de vento, corrente e ondas.

Sendo assim, no nosso canal de acesso hipotético, a sobrelargura somada necessária aos sinais de bombordo e boreste seria  $= 42,4 + 42,4 = 84,8$  metros, conforme demonstrado na Figura 5.

O volume de material a ser dragado na sobrelargura das margens ao longo de todo o canal de acesso (12 mil metros), considerando um desnível de 6,5 metros, é abaixo apresentado:

– Volume na sobrelargura a BE  $= 42,4 \times 6,5 \times 12.000 = 3.307.200 \text{ m}^3$ ;

– Volume na sobrelargura a BB  $= 42,4 \times 6,5 \times 12.000 = 3.307.200 \text{ m}^3$ ; e

– Volume total da sobrelargura em todo o canal de acesso:  $6.614.400 \text{ m}^3$ .

Este volume aumentaria o custo total da dragagem, considerado R\$12,00/m<sup>3</sup> para fundo de areia ou lama, em astronômicos 79 milhões de reais.

Esta análise apresenta a pior situação possível de afastamento da boia em

relação à poita, motivada por situação ambiental extremamente adversa com forte corrente, onda e/ou vento perpendicular ao canal.

Numa situação menos adversa, com corrente perpendicular ao canal menos intensa, pode-se supor que a boia flutuante derivaria sob a ação da corrente, ondas e/ou vento para fora do canal estendendo seu filame pelo talude e pelo fundo não dragado. Assim, considerando o mesmo canal anteriormente analisado, mas acrescentando que ele teria um talude de 4:1, portanto, 6,5 metros de aprofundamento na dragagem geram  $6,5 \text{ m} \times 4 = 26$  metros de extensão do talude e os 49 metros de filame, descontados os 18 metros na vertical para atingir a superfície este se estenderia por 31 metros ao longo do fundo distribuídos da seguinte forma:  $(6,5^2 + 26^2)^{1/2} = 26,8$  metros na encosta do talude e 4,2 metros no fundo não dragado, desta forma a sobrelargura seria de  $26 + 4,2 = 30,2$  metros em cada margem do canal, conforme apresentado na Figura 6.

Considerando que a corrente ocorrerá em períodos distintos na mesma direção

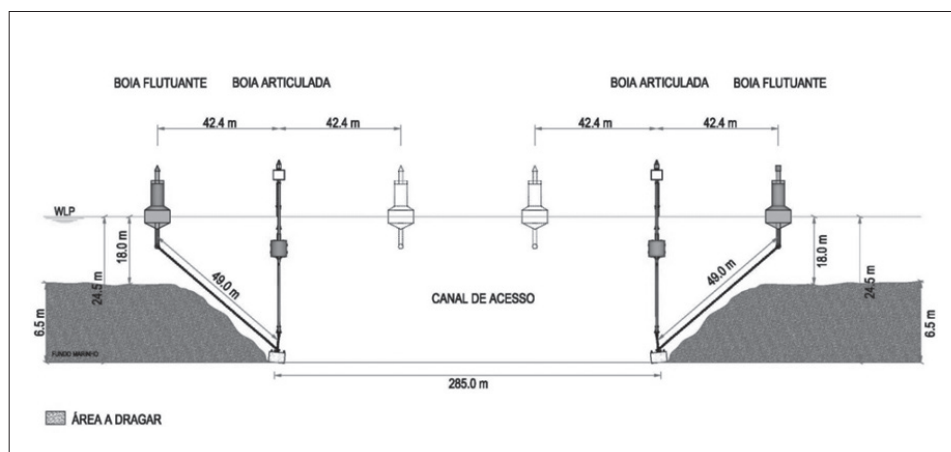


Figura 5 – Demonstração do deslocamento de boia flutuante comparado com BAS em ambas as margens  
Fonte: UMI SAN, 2017

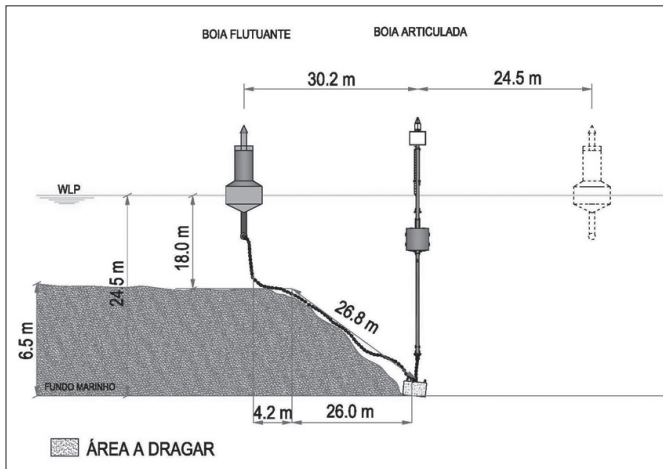


Figura 6 – Demonstração da sobrelargura necessária quando se utiliza boia flutuante em comparação ao uso de boia articulada submersível

Fonte: UMI SAN, 2017

e com a mesma intensidade, mas com sentidos inversos, têm-se que ambas as margens necessitariam da mesma sobrelargura que perfaz para ambas as margens =  $30,2 + 30,2 = 60,4$  metros, conforme demonstrado na Figura 7.

O volume de material a ser dragado na sobrelargura das margens ao longo desse canal de acesso hipotético, com talude de 4:1, comprimento de 12 km, desnível de

6,5 metros e sujeito a correntes e ventos de intensidade moderada e perpendiculares ao seu eixo, é abaixo apresentado:

– Volume na sobrelargura a BE =  $30,2 \times 6,5 \times 12.000 = 2.355.600 \text{ m}^3$ ;

– Volume na sobrelargura a BB =  $30,2 \times 6,5 \times 12.000 = 2.355.600 \text{ m}^3$ ; e

– Volume total da sobrelargura em todo o canal de acesso:  $4.711.200 \text{ m}^3$ .

Este volume aumentaria o custo total da dragagem, considerando R\$12,00/m<sup>3</sup> para fundo de areia ou lama, em igualmente astronômicos 56 milhões de reais.

Qualquer dragagem de sobrelargura visando garantir que o navio nunca colida com a margem defendido por uma boia também aumentará muito e desnecessariamente o impacto ambiental com a obra de dragagem.

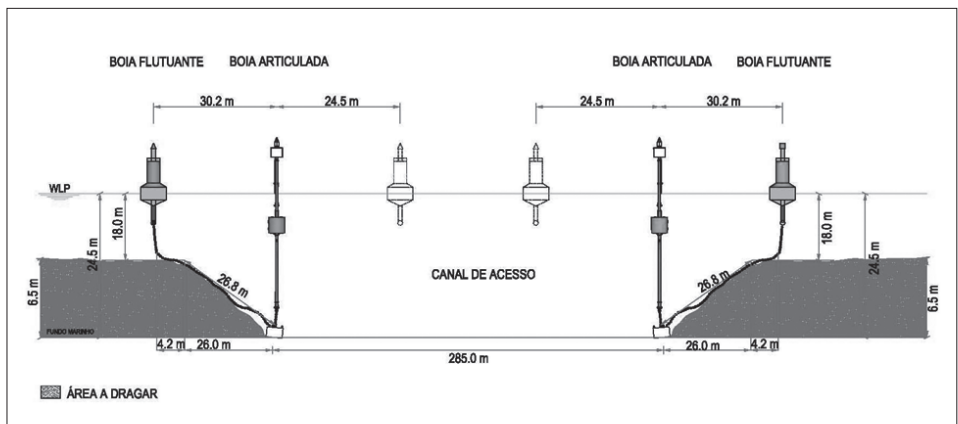


Figura 7 – Demonstração das sobrelarguras em ambas as margens

Fonte: UMI SAN, 2017

É praticamente impossível estabelecer valores de sobrelargura menores que estes apresentados e continuar a garantir a segurança do navio, já que a deriva da boia flutuante depende de fatores ambientais e se alterará com o tempo, pois até a incrustação na amarra poderá alterar essa deriva. As análises acima apresentadas foram baseadas nas normas existentes. Portanto, pode-se afirmar que a implantação de boias flutuantes no sopé do talude ou próximo a este, diminuindo a sobrelargura, pode expor o navegante em tráfego pelo canal a uma situação de risco de encalhe ou colisão com o fundo, pois, ao confiar na posição dos sinais laterais, deslocados pela corrente, ondas e/ou vento para fora da margem do canal, pode ser induzido a acreditar que dispõe de águas seguras nas proximidades da boia, que defende a margem do canal e vir a encalhar em águas pouco profundas no talude.

No caso de hidrovias escavadas em fundo mais consistente, como argila dura (tabatinga) ou arenitos (canga laterítica), o gradiente do talude tende a ser muito

alto (quase vertical), pois acontece pouca acomodação natural do material das margens (desbarrancamento). A escavação de hidrovias em solos consistentes tem elevado custo, tornando o uso de boias articuladas a melhor solução para demarcação da hidrovia, pois elimina a necessidade de escavação de sobrelargura no canal (de elevado custo) e minimiza o risco de encalhe do navio devido à indefinição dos limites da hidrovia ocasionado por boia flutuante; acidente cujos danos seriam potencializados pela verticalidade do talude e resistência à penetração do material do fundo, que aumenta as possibilidades de rasgar o casco em colisão com a margem.

Nas imagens das Figuras 8, 9 e 10, obtidas durante levantamento hidrográfico (dados batimétricos) multifeixe, constata-se a adequabilidade do uso de boias articuladas submersíveis no balizamento de uma hidrovia escavada em fundo muito consistente, pois que estas demarcam conspicuamente a margem, eliminando indefinições na delimitação desta e con-

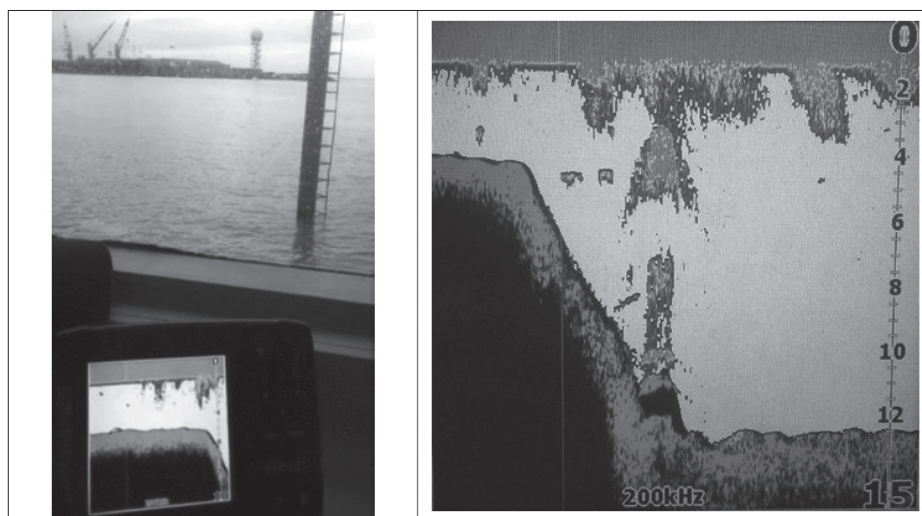


Figura 8 – Foto da tela de ecobatímetro multifeixe, com BAS ao fundo

Fonte: UMI SAN, 2017



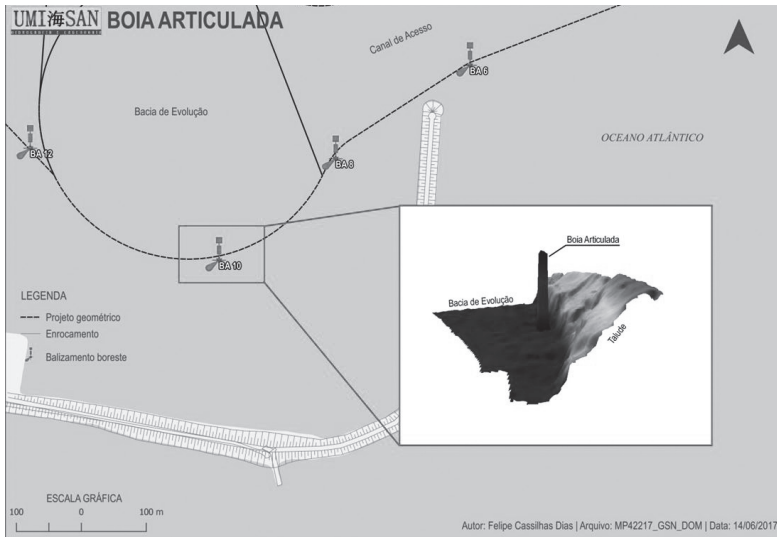


Figura 9 – Croqui com a posição da BAS e detalhe obtido em levantamento hidrográfico multifeixe  
Fonte: UMI SAN, 2017

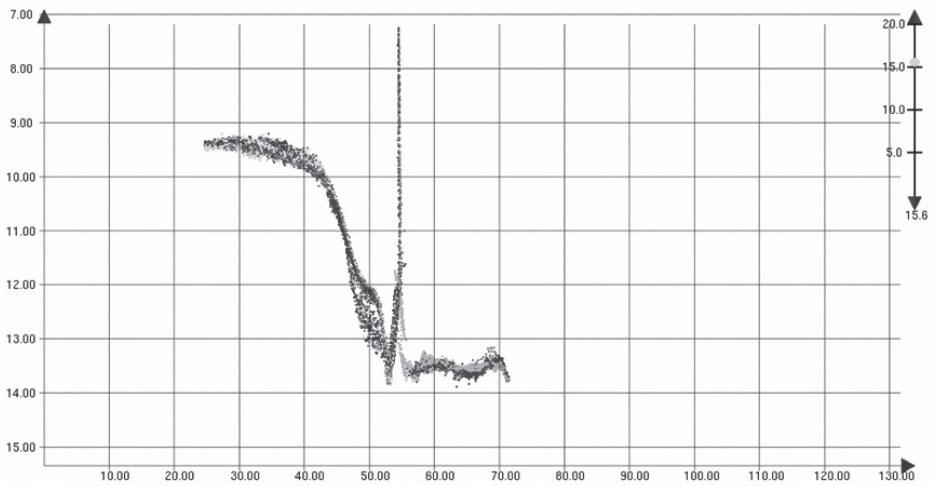


Figura 10 – Croqui obtido a partir de levantamento hidrográfico multifeixe  
Fonte: UMI SAN, 2017

tribuindo para a segurança da navegação ao deixar perfeitamente definido o limite da hidrovia, que, se ultrapassado, sujeitará o navio a grandes avarias.

O risco de encalhe apresentado nos levantamentos hidrográficos é minimizado

pelos sinais de alinhamento. Porém estes sinais, conforme conceituado na Normam 17, Capítulo 2, item 0207, transcrito a seguir, definem uma direção, um rumo a ser seguido e não delimitam uma área de navegação segura.

## “0207 – Alinhamento

Conjunto composto por dois sinais fixos, de coordenadas conhecidas, luminosos, e, neste caso, com luzes de mesma cor, ou cegos, dotados ou não de placas de visibilidade, que, associados, definem para o navegante uma direção que coincide com o eixo de um canal, um rumo a ser seguido ou uma referência para manobra.”

Portanto, o alinhamento é uma referência, uma orientação, e todo navegante sabe que é praticamente impossível manter-se todo o tempo no alinhamento sob a ação do vento, correntes e ondas, pois que a navegação é a interação entre o homem, o navio, os rebocadores e o ambiente, e durante todo o tempo o responsável pela manobra está interferindo para corrigir os efeitos verificados na derrota do navio devido às ações anteriormente determinadas.

O navio necessita de espaço para navegar, e o responsável pela manobra tem que ver perfeitamente os seus limites de segurança estabelecidos pelos sinais laterais, para evoluir interagindo com os recursos que tem à disposição.

Assim sendo, os sinais laterais, em hipótese alguma, podem induzir o navegante ao risco, pois neste caso é melhor que os sinais não estejam instalados e o navegante fique somente com a referência do alinhamento, estimando o seu distanciamento do mesmo.

Por outro lado, no caso de o navio encalhar ou colidir com o fundo em posição defendida por um sinal lateral, o navegante, tendo confiado na sinalização estabelecida, fica com a responsabilidade pelo sinistro muito atenuada ou isenta, podendo ser a autoridade responsável pelo balizamento totalmente responsabilizada pelo sinistro em todos os seus efeitos para o navio, a carga, o meio ambiente ou as vidas humanas.

**ALINHAMENTO POR PORTÕES  
DUPLOS USANDO BOIAS  
ARTICULADAS**

Para navegação em canais de acesso *offshore* e dragado, que são normalmente estreitos e longos, o navegante necessita, além da sinalização lateral, que estabelece os limites da navegação segura, também de uma referência de alinhamento que lhe permita verificar o seu segmento dentro da área do canal e estimar os efeitos de ventos, ondas, correntes e alterações de rumo na derrota seguida, permitindo, assim, corrigir excessos ou comeditos nas ordens de manobra. O alinhamento é uma referência e se tornaria muito difícil e arriscado navegar em canais extensos e estreitos com correntes, ondas e ventos pelo través sem a referência de alinhamento e não podendo ziguezaguear muito devido à pouca largura.

Porém canais de acesso *offshore* extensos, estreitos e retilíneos apresentam grandes dificuldades na implantação de um alinhamento central que sirva de referência ao navegante, principalmente se o terminal a que o canal dá acesso fica afastado da costa. Neste caso, o uso de faroletes de alinhamento apresenta-se com grandes restrições, pois o projeto do alinhamento indicará a necessidade de construção no mar de estruturas elevadas e dispendo de grandes placas de visibilidade diurna (*dayboard*) que possibilitem ao navegante uma adequada percepção do alinhamento desde o início do canal, sob condição de visibilidade diurna normal, ainda que com alguma neblina, chuva ou reverberação atmosférica, condições estas que normalmente não impediriam a navegação segura, mas que, devido à grande distância, tornam impossível a percepção das faixas existentes nas placas de visibilidade diurna. Assim, estas seriam

ineficazes, podendo gerar uma condição de impraticabilidade com bom tempo. Além disso, construir e manter um farolete no mar tem custo elevado, devido à altura necessária em função da distância.

No *Iala Guideline – For the design of Leading Lines*, em que são apresentados os cálculos de um alinhamento fictício para um canal com 8 km de extensão e 175 metros de largura, verifica-se que o farolete posterior deverá ter 15,5 metros de altura e suportar uma placa de visibilidade diurna de 10,2 metros de altura, e o farolete anterior deverá ter 39 metros de altura e suportar uma placa de visibilidade diurna de 12,2 metros de altura.

Verifica-se, portanto, que o estabelecimento de faroletes com placas de visibilidade diurna para materialização dos eixos dos canais, por meio de alinhamentos centrais, apresenta-se como uma solução de muito risco, pelos motivos a seguir expostos:

- As construções das torres serão no mar, ou pelo menos as dos faroletes anteriores (isto se for possível construir faroletes posteriores na praia), e terão grandes dimensões, para suportar placas de visibilidade diurna adequadas e resistir aos esforços da área vélica gerada.

- Haverá uma grande dependência da visibilidade atmosférica, pois a referência citada acima estabelece uma placa de visibilidade diurna de 12 metros de altura por 8 metros de largura, na situação extrema do farolete posterior estar posicionado a 12 km do início do alinhamento, para uma visibilidade excelente de 10 milhas náuticas; assim, o alinhamento só é eficaz em condições de visibilidade atmosférica excelente (excetuando-se, portanto, dias chuvosos, com neblina ou muita reverberação devido ao sol intenso).

- Devido ao empirismo dos cálculos extrapolados de situações muito menos crí-

ticas, a eficácia da solução de implantação dos faroletes de alinhamento centrais só poderá ser verificada pelo usuário (navegante) após a conclusão das obras, e este pode ser um risco inaceitável em face do esforço, dos recursos alocados e das necessidades prementes de operação do porto.

Uma solução mais eficiente, mais eficaz e, sobretudo, mais executável para permitir a orientação do navegante e a percepção da derrota seguida dentro dos canais é encontrada no livro *Manual de Sinalização Náutica, Volume I – Fundamentos da Sinalização Náutica Visual*, do engenheiro Paulo Maurício Barros de Abreu Rego, publicado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, sob o conceito de “alinhamento por portões duplos”. O referido autor apresenta a utilização de faroletes fixos como sinais laterais em pares (BB – BE), mantendo-se a distância entre eles e o espaçamento entre os pares; com isso, o navegante teria sempre a percepção do deslocamento lateral do navio para qualquer um dos bordos (como acontece quando dirigimos numa rodovia sinalizada com faixas laterais) e prescindiria do alinhamento central. Portanto, o alinhamento por portões duplos, usando-se faroletes, é uma solução para referência de navegação em canais, mas a construção de faroletes nas margens dos canais traria grandes dificuldades de implantação e manutenção, além do custo muito elevado. Para solucionar o problema da implantação, da manutenção e do custo elevado dos faroletes laterais, concebeu-se utilizar-se as boias articuladas submersíveis (BAS) em lugar dos faroletes laterais, pois estas têm comportamento muito similar ao dos faroletes, não derivando e tendo oscilação mínima (menor que 1 metro).

O distanciamento entre as boias articuladas deve ser tal que possibilite manter sempre, no mínimo, três pares de boias

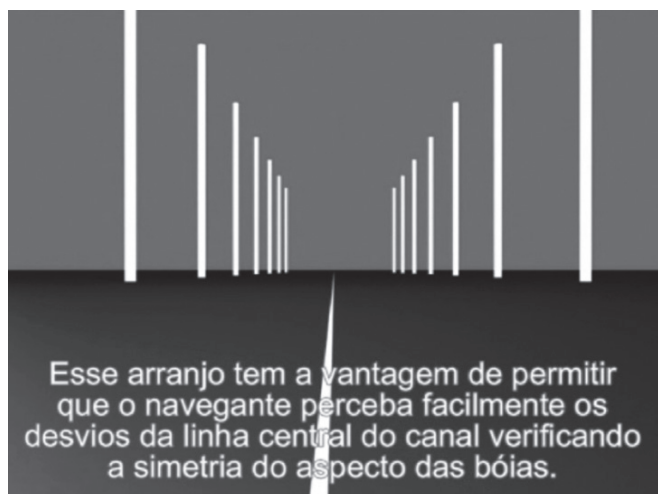


Figura 11 – Vista esquemática do alinhamento com portões duplos

Fonte: NORB2D

no visual, o que permitirá ao navegante orientar-se perfeitamente no eixo do canal, inclusive com mais precisão e confiabilidade do que aquelas obtidas com faroletes de alinhamento central de difícil visualização, principalmente a ré.

Com o advento de novas tecnologias na fabricação de lanternas de sinalização náutica, que as tornaram “inteligentes”, dispendo de Automatic Identification System (AIS) e comunicação com um centro de controle informando sua posição e condições de operação e, principalmente, possibilitando que todas as lanternas de um canal sejam sincronizadas para acenderem ao mesmo tempo, o uso de pares de boias articuladas como portões duplos no balizamento de um canal extenso tornou a navegação muito segura à noite, pois, com lampejos sincronizados, delimitam claramente o canal de acesso e fornecem a percepção do eixo do canal para o navegante.

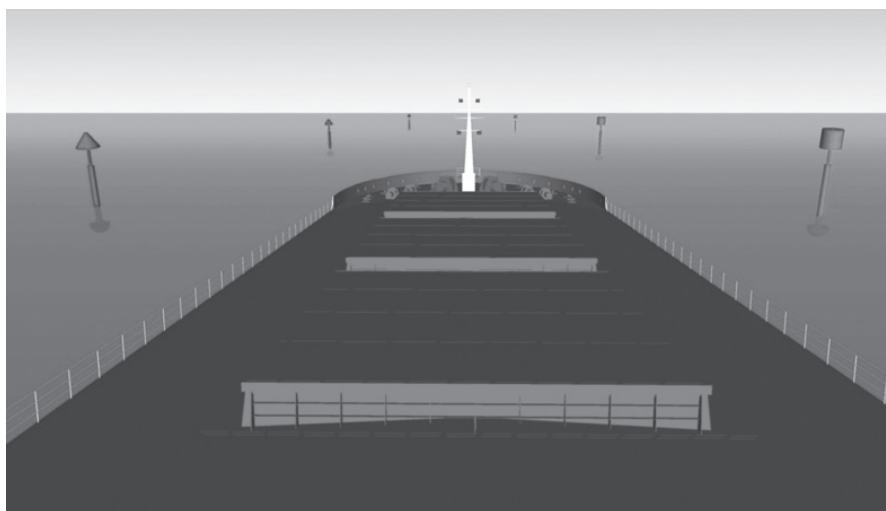


Figura 12 – Vista do passadiço do navio e do alinhamento com portões duplos durante o dia

Fonte: NORB2D

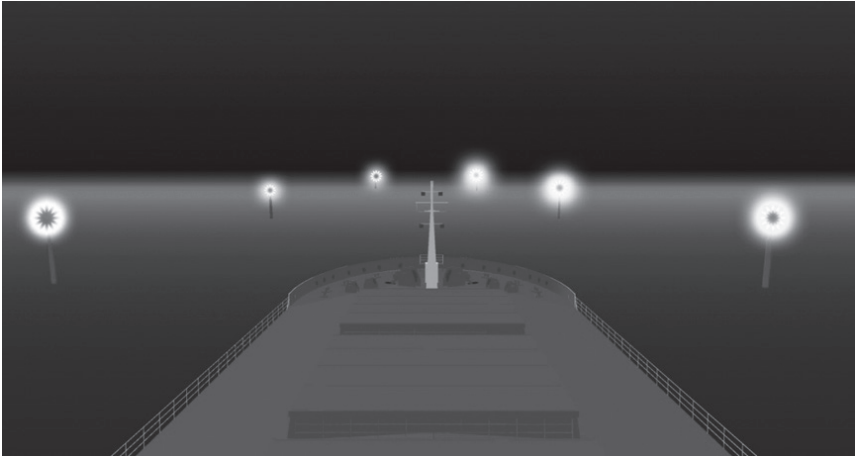


Figura 13 – Vista do passadiço do navio e do alinhamento com portões duplos à noite, com lampejo sincronizado  
Fonte: NORB2D

A estrutura em aço da haste e da plataforma de serviço da boia articulada submersível é claramente visível no radar, possibilitando uma navegação indexada e a medição das distâncias às boias com boa precisão e permitindo, assim, que se conheça a exata posição do navio.



Figura 14 – Vista da tela do radar do navio, do alinhamento com portões duplos  
Fonte: NORB2D

### UTILIZAÇÃO DE BOIAS ARTICULADAS SUBMERSÍVEIS COMO “TORRES DE TRANSMISSÃO” DE DADOS METEOCEANOGRÁFICOS

A observação em tempo real de dados meteoceanográficos, como ondas, correntes e marés, tem se revelado muito superior à utilização de dados estáticos, pois permite garantir que os dados medidos estão dentro do limite dos parâmetros considerados no projeto do canal e/ou na simulação da manobra. Também possibilita que se possa variar o limite do calado do navio em função dos dados de maré observados, garantindo assim, a confiabilidade da hidrovia e a segurança da navegação, com dados fidedignos realmente medidos.

Estes dados, para atenderem ao navegante, precisam estar disponíveis em tempo real. Neste aspecto, a utilização da BAS como “torre de transmissão” para instalação de transmissores desses dados possibilita instalar o sensor de medição (ADCP, CTD ou outro) na haste da BAS, na sua poita ou nas proximidades desta, a depender do sensor e, por meio de cabo,

levar os dados até uma antena instalada na plataforma de serviço da boia, onde serão disponibilizados por ondas eletromagnéticas. Isto não seria possível numa boia flutuante, pois esta, ao deslocar-se pela ação dos ventos e/ou correntes, enrolaria o seu equipamento de fundeio com o cabo transmissão, danificando-o. Além disso, a BAS, tendo maior altura, apresenta um alcance geográfico maior e um ambiente menos sujeito à ação das ondas.

No croqui (Figura 15), apresenta-se a BAS sendo utilizada como sensor de um CTD e de um ADCP.

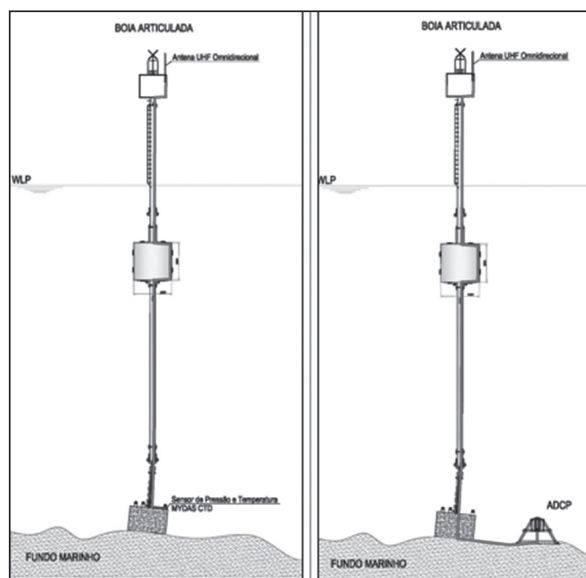


Figura 15 – Utilização da BAS como suporte e torre de transmissão para CTD e ADCP  
Fonte: UMI SAN, 2017

## VANTAGENS NA SUBSTITUIÇÃO DAS BOIAS LUMINOSAS FLUTUANTES POR BOIAS ARTICULADAS SUBMERSÍVEIS

– Redução do volume a dragar, eliminando a necessidade de áreas de sobre dragagem em ambas as margens para fora do canal

efetivamente utilizado para compensar a deriva normal em uma boia flutuante.

– Redução do impacto ambiental devido à dragagem. Reduzindo-se a área de sobre dragagem, reduz-se a área onde existe interferência no fundo e, assim, o impacto ambiental.

– Redução do risco ambiental devido a encalhe do navio motivado ou potencializado por indefinição dos limites da navegação segura na hidrovia.

– Maior precisão na posição da BAS, pois esta comporta-se como um farolete, podendo ser marcada pelo navegante e servir como apoio à navegação em águas restritas, visual ou por radar.

– Maior conspicuidade do sinal devido à maior altura da BAS, que pode ser até três vezes a altura de uma boia flutuante.

– Maior alcance geográfico da BAS, pois, devido à maior altura, obtém-se maior altitude e, por conseguinte, maior alcance geográfico.

– Maior precisão na delimitação das margens do canal, pois a haste, o flutuador e a poita formam um conjunto rígido e, portanto, a parte visível do sinal (lanterna, haste, refletor radar, plataforma de serviço e marca de top) está na mesma posição geográfica da poita (margem do canal).

– Possibilidade de utilização da BAS como alinhamento lateral com portões duplos, eliminando a necessidade de faroletes de alinhamento central e permitindo estabelecer alinhamento em canal retilíneo extenso.

– Utilizada como alinhamento lateral com portões duplos, permite alteração do

eixo do canal, no caso da necessidade de alargamento para uma margem apenas, sem despesas com desativação de faroletes de alinhamento central (anterior e posterior) e o reposicionamento para o novo eixo.

– Menor custo de manutenção, visto que uma pequena área fica na linha-d'água, onde ocorre a maior corrosão.

– Utilização da BAS como “torre de transmissão” para instalação de transmissores de dados meteocanográficos.

– Elimina a possibilidade de a poita se deslocar da posição devido ao maior peso da poita da BAS (maior que 15 toneladas) em comparação com o peso de poitas de boias flutuantes (menor que 3 toneladas).

## CONCLUSÃO

A Boia Articulada Submersível (BAS) é, conforme demonstrado, extremamente

confiável como sinal náutico, inclusive sob severas condições de mar e vento.<sup>1</sup>

A BAS foi concebida com foco na operação e manobra de navios para possibilitar que a Autoridade Portuária e/ou a Administração Portuária disponha de um equipamento de sinalização náutica que minimize as possibilidades de ocorrerem encalhes de navios nas margens de suas hidrovias (canais de acesso e bacias de evolução) e também os impactos ambientais e as despesas com obras de dragagem, servindo, ainda, como sinalização de alinhamento pelas laterais e também como torre para instalação de sensores que medem ondas, correntes e ventos.

A redução de custo e de impacto ambiental e, principalmente, o incremento na Segurança da Navegação que proporcionam fazem da BAS uma excelente opção para a sinalização náutica flutuante de canais de acesso e bacias de evolução.

## CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<ATIVIDADES MARINHEIRAS>; Sinalização Náutica; Sondagem;

## REFERÊNCIAS

- NORMAM-17, Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação. Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 3ª ed., 2008.
- IALA Guideline – For the design of Leading Lines, International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, ed. 1.1 - December 2005.
- NORTEC 17, Norma Técnica para Sinalização Náutica nº 17, Centro de Sinalização Náutica Almirante Moraes Rego – CAMR, 2003.
- REGO, P. M. B. A. *Manual de Sinalização Náutica, Vol. I* – Fundamentos da Sinalização Náutica Visual. Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1ª ed., 2005.

<sup>1</sup> Encontram-se implantadas 90 BAS nos seguintes portos: Terminal de Ponta de Ubu – Anchieta (ES): 10 BAS; Barra do Riacho – Aracruz (ES): 14 BAS; Vitória – Vitória (ES): 23 BAS; Terminal de Barcaças Oceânicas – Serra (ES): 3 BAS; e Açú (T1 e T2) – São João da Barra (RJ): 40 BAS.