



**CARTOGRAFIA ELECTRÓNICA A BORDO
VANTAGENS, POTENCIALIDADES E CUIDADOS**

Capitão-tenente Paulo Alexandre Rafael da Silva

Instituto Hidrográfico – Divisão de Navegação – Métodos e Sistemas

Instituto Português de Navegação – Vice-Presidente para a Área da Navegação Marítima

INTRODUÇÃO

As Cartas Electrónicas de Navegação (CEN) foram recentemente reconhecidas como equivalentes às cartas de papel, ou seja, satisfazem os requisitos impostos pela Convenção para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), que obriga a que os navios detenham cartas náuticas adequadas à zona em que navegam.

No trajecto percorrido para a sua implementação ou reconhecimento não foi fácil encontrar consensos entre Estados costeiros e organismos oficiais produtores de cartografia náutica, mas o resultado foi um produto que é no seu âmago uniforme à escala global, apesar de poder apresentar diferenças da fabricante para fabricante e ser visualizado de maneira diferente em função do software em uso.

Tratando-se de um produto que visa aumentar a segurança da navegação, através da simplificação de processos e introdução de automatismos numa série de tarefas que eram normalmente manuais, tem naturalmente um impacto significativo, normalmente não perceptível, ao nível da protecção ambiental.

Contudo, é um produto que apresenta um conjunto de limitações que importa conhecer e que obrigam a arranjos especiais, não só ao nível do espaço físico e dos equipamentos a bordo, como também ao nível dos procedimentos dos navegantes.

O negligenciar a existência deste produto é constitui perder uma séria oportunidade para tornar a navegação muito mais eficiente, mas o abuso, normalmente sob a forma de excesso de confiança, e o não acautelar as suas fragilidades põe em risco a segurança da navegação, podendo resultar mesmo em acidente marítimo, que acarreta por sua vez um impacto económico negativo na orla costeira.

Assim, será explicada a essência da cartografia electrónica marítima e serão abordados potenciais problemas que podem resultar da sua utilização menos precavida naquela que é a situação mais delicada de entre os diferentes tipos de navegação, ou seja, em águas restrita.

Antes de concluir é apresentado o quadro legal nacional que regula a documentação náutica a bordo e são sugeridas abordagens ou alterações de maneira a que a comunidade marítima possa avançar de maneira segura e decidida para o reconhecimento das potencialidades desta nova tecnologia.



NATUREZA E POTENCIAL DO CARTOGRAFIA ELECTRÓNICA A BORDO, POR DEFINIÇÃO

A utilização de cartas electrónicas pode simplificar todas tarefas ligadas à navegação, sobretudo nas que respeitam à actualização do fólio cartográfico e ao planeamento da Navegação, mas também à execução da navegação.

Para trabalhar com estas cartas é necessário recorrer ao *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) que, aliado aos métodos tradicionais, potencia uma execução da navegação mais segura, em especial graças a uma melhor percepção do panorama.

Contudo, alerta-se para possibilidade de se desenvolver um sentimento de exagerada confiança, o qual ganha forma e peso devido à injustificada noção de que a qualidade dos produtos digitais é maior, em particular quando estes são acedidos através de bons interfaces homem-máquina e disponibilizam informação de outros sensores graças a mecanismos de integração.

Considera-se fundamental esclarecer qual a verdadeira natureza do ECDIS, as suas capacidades e limitações antes de se abordar a sua utilização no planeamento e execução da navegação.

A análise da definição de ECDIS, ponto a ponto, conforme redacção dada pela resolução A.817(19) da International Maritime Organization (IMO), de 23 de Novembro de 1995 (parágrafo 2.1 do anexo), permite perceber o potencial da sua utilização, o seu real propósito e as limitações intrínsecas.

“Electronic chart display and information system” (ECDIS) is a navigation information system which, with adequate backup arrangements, can be accepted as complying with a portfolio of up-to-date charts required by regulation V/20 of the 1974 SOLAS Convention, by displaying selected information from a system electronic navigational chart (SENC) with positional information from navigation sensors to assist the mariner in route planning and route monitoring, and by displaying additional navigation-related information if required.”¹

“[...] is a navigation information system [...]”

O ECDIS não é nem um método de navegação nem um sistema de posicionamento. O ECDIS é um sistema de informação de geográfico de características especiais, vocacionado para a navegação, pelo que a qualidade do serviço que pode efectivamente prestar depende essencialmente da qualidade da informação nele introduzida.

“[...] with adequate backup arrangements, can be accepted as [...] up-to-date charts [...]”

O sistema permite manipular e aceder a informação cartográfica, pelo que apesar de utilizar processos mais simples e rápidos, a actualização da informação continua a ser essencial, tal como se de uma carta de papel se tratasse.

Além disso, ainda que a cartografia no ECDIS esteja actualizada, é necessário que exista um sistema redundante que permita garantir a continuidade da navegação em segurança no caso de se verificar uma falha no sistema.

*“[...] adequate independent back-up arrangements ... to ensure safe navigation in case of ECDIS failure”.*²

¹ IMO resolution A.817(19) – 23 November 1995. Annex, paragraph 2.1.

² IMO, resolução MSC.64(67) – 4 Dezembro 1996. Anexo 5 – Emenda à resolução A.817(19).



FIG. 1 – TRABALHO MANUAL DE CORRECÇÃO DE CARTA

“[...] should be used together with an appropriate portfolio of up-to-date paper charts”³

O planeamento a executar deverá estar disponível a todo momento quer no sistema principal quer no redundante, independentemente da natureza deste último.

“[...] displaying selected information [...]”

O detalhe com que a informação é apresentada é seleccionado pelo utilizador. Contudo, existem níveis ou camadas de informação que, por razões de segurança, não podem ser retirados; tal como é também impossível aumentar ou diminuir a escala de apresentação da informação além de limites superiores e inferiores impostos, em especial quando o ECDIS trabalha no modo RCDS.

“[...] with positional information from navigation sensors [...]”

A informação de posição é obtida através dum receptor GNSS e apresentada em tempo real.

Isto significa que o posicionamento representado é tão bom quanto o é para o sistema de navegação associado, o qual é susceptível a inúmeras interferências, externas e de bordo, que normalmente passam despercebidas inicialmente.

A excessiva confiança, que em todos os domínios, se vem colocando no GPS tem feito com que simples verificações à qualidade do posicionamento sejam postas de lado,

³ IMO resolução MSC.86(70) – 8 Dezembro 1998. Anexo 4 – Emenda à resolução A.817(19).



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

comprometendo o mais básico conhecimento de navegação, potenciando a ocorrência de acidentes.

"[...] assist the mariner in route planning and route monitoring [...]"

O auxílio dado no planeamento e monitorização do trajecto resume a razão de ser do ECDIS e seria o bastante, mas as suas capacidades não se esgotam apenas nestes pontos.

"[...] by displaying additional navigation-related information if required [...]"

Pode-se portanto associar outros equipamentos de navegação. De entre a informação relacionada com a condução da Navegação passível de ser acedida através do ECDIS certamente o radar e o AIS são os mais relevantes.

Trata-se de interfaces muito úteis para o esclarecimento do panorama, por exemplo para distinguir ecos radar de navios daqueles que correspondem a bóias ou marcas representadas na carta, ou para antecipar os movimentos na navegação circundante tomando consciência das suas intenções.

Adicionalmente, a sobreposição da imagem radar com a representação cartográfica da linha de costa permite que o utilizador se aperceba rapidamente de eventuais falhas dos sistemas em operação, como por exemplo: erros de funcionamento do GPS, discordância entre *data* geodésicos do sistema de posicionamento e da cartografia, erro de índice do radar.

ONDE NÃO NAVEGAR. LIMITE DE ÁGUAS NAVEGÁVEIS

A navegação segura passa pela determinação da área navegável, a qual normalmente se determina trabalhando ou determinando o limite de águas navegáveis (LAN), que corresponde à fronteira exterior da área para além da qual, por razões de segurança da navegação, o navio não deve navegar. O LAN é estabelecido para cada navio em função dos resguardos que se pretende manter ao fundo e aos outros perigos para a navegação. A ele se associa o conceito de batimétrica de segurança.

Para a sua determinação deve considerar-se sempre a existência de um Resguardo ao Fundo (Rf) adequado, acautelando todos os factores susceptíveis de provocar a diminuição da profundidade disponível.

Os factores que devem ser considerados na determinação daquele resguardo são os que a seguir se indicam, sem que a lista seja exaustiva:

- A incerteza na leitura ou estima dos calados do navio;
- A variação do calado com a variação da densidade da água;
- A variação do calado com o movimento do navio:
- O assentamento ("squat");
 - O valor do assentamento, em metros, pode ser estimado de forma expedita (por excesso) pela expressão $V^2/100$, em que V é a velocidade do navio em nós, com maior exactidão usando a expressão $(BxV^2)/100$, em que B é o coeficiente de casco ($B = (\text{Comprimento} \times \text{Boca} \times \text{Calado}) / \text{Deslocamento}$).
 - Em termos práticos, o efeito do assentamento deve ser considerado sempre que a profundidade seja igual ou inferior a uma vez e meia o calado do navio.



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

- O balanço ("roll");
- O cabeceio ("pitch");
- A arfagem ("heave");
- O estado do mar;
- A incerteza das previsões de maré;
- A influência das condições meteorológicas na altura de maré (incluindo a pressão atmosférica);
- As infra-estruturas no mar (instalações submarinas, cabos submarinos e condutas submarinas), que apesar de representadas nas cartas não têm associado um valor de sonda reduzida;
- A incerteza das sondas reduzidas representadas na carta náutica oficial, em particular devido a:
 - Origem da informação;
 - Incerteza na redução da altura de maré;
 - Data e escala dos levantamentos hidrográficos;
 - Possível alteração das profundidades após o último levantamento hidrográfico;
 - Natureza do fundo.

A adição dos factores acima enumerados resulta num valor denominado Margem de Resguardo (Mr).

É ainda aconselhável que ao valor de Margem de Resguardo se adicione um valor extra, ou Pé-de-piloto (Pp), que será a profundidade mínima debaixo da quilha em qualquer situação.

O valor do Resguardo ao Fundo resultará assim da adição da Margem de Resguardo com o Pé-de-piloto:

$$R_f = M_r + P_p$$

A sonda reduzida mínima (Sm), ou batimétrica de segurança directamente associada ao LAN, resulta da adição do calado do navio (C) com o resguardo ao fundo, subtraindo ainda a altura de maré (Am):

$$S_m = C + R_f - A_m$$

Reduzindo o conceito de LAN ao básico, este não é mais do que uma linha isobatimétrica, como tal facilmente definida no ECDIS para uma CEN. Contudo, as linhas isobatimétricas são definidas, ou programadas, na CEN pela entidade que a produz, obedecendo normalmente a critérios impostos pela OHI, não sendo possível seleccionar ou realçar batimétricas intermédias, ao contrário daquilo que se verifica com as cartas em papel em que o navegador interpola os valores de sondas pontuais para desenhar o LAN e o realça a vermelho.

Apesar disso é possível estabelecer analogias entre os procedimentos tradicionalmente usados e as facilidades dadas pelo ECDIS.

Assim, o LAN encontra o seu equivalente na safety depth – profundidade de segurança, que é definida pelo utilizador. Contudo, esta profundidade não será materializada sob a forma

de uma linha, resultando a sua definição na apresentação em **negrito** das sondas reduzidas pontuais inferiores ao valor definido e no desvanecimento das sondas reduzidas maiores.

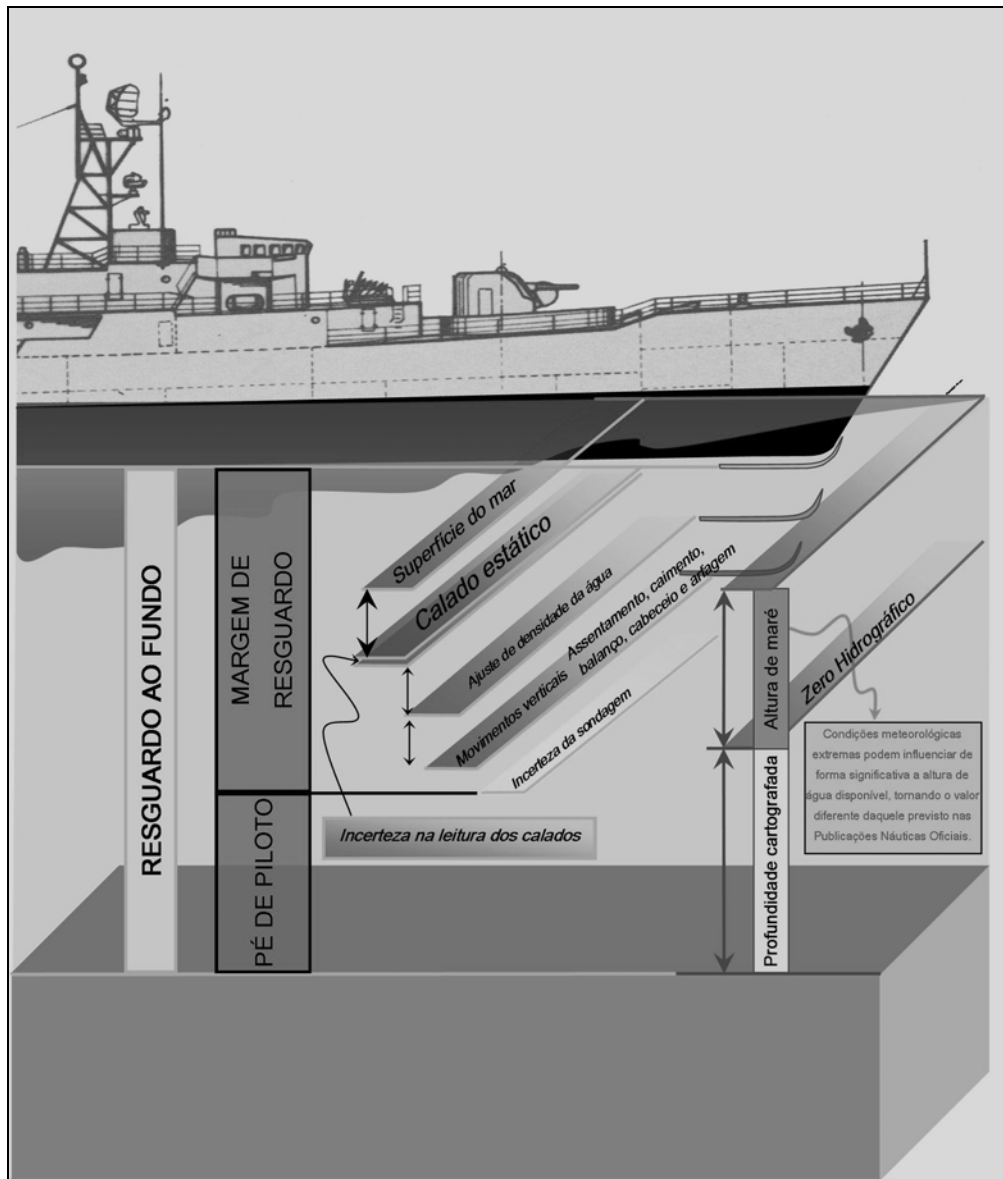


FIG. 2 - DEFINIÇÃO DA SONDA REDUZIDA MÍNIMA

Pretendendo-se que exista um alarme se o navio porventura entrar na zona perigosa, tal não se consegue com recurso à *safety depth* pois a informação é pontual e não de área. Assim, o ECDIS assume como valor de isobatimétrica de segurança, LAN ou *safety contour*, a isobatimétrica de maior profundidade, que preceda imediatamente o *safety depth* e que esteja disponível na CEN. O alarme pretendido será então accionado se o navio ultrapassar a linha desse *safety contour*.

Pode ainda dispor-se de outros contornos ou linhas isobatimétricas que em alguns sistemas são geradas automaticamente enquanto que outros permitem a introdução manual do valor pretendido, designadamente:

Shallow contour – que corresponde a uma isobatimétrica inferior à da *safety depth*.

Deep contour – que corresponde a uma isobatimétrica mais profunda que a da *safety depth*, assinalando águas limpas.

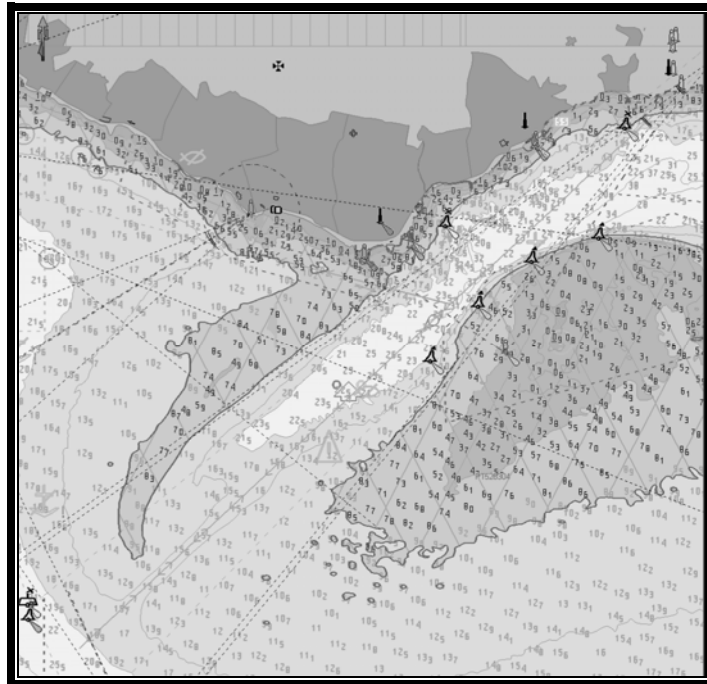


FIG. 3 – ILUSTRAÇÃO DOS DIVERSOS CONTORNOS NO ECDIS

As áreas molhadas, encerradas entre as isobatimétricas acima referidas, podem ser apresentadas no ECDIS com uma coloração diferente e de sombreado gradual. Esta facilidade deve ser utilizada para permitir uma rápida e fácil percepção da localização dos perigos em relação à posição do navio.

O aspecto do ECDIS deverá assemelhar-se ao apresentado na figura 3, a qual se baseia na introdução de uma *safety depth* de 8,8 m, o que implicou um *safety contour* na isobatimétrica dos 10,0 m. O sistema assumiu como *shallow contour* a isobatimétrica dos 5,0 m e como *deep contour* a isobatimétrica dos 20,0 m.

Alguns sistemas permitem a actualização automática dos valores de profundidades referidos recorrendo a tabelas de maré que possuem em memória. Esta é uma funcionalidade que deve ser utilizada com cautela, verificando por amostragem os valores de altura de maré do sistema com os retirados das publicações náuticas.

Já foi anteriormente referido que, por razões de segurança, o *safety contour* é sempre mais profundo do que a *safety depth*, podendo quanto muito ter o mesmo valor, pelo que a largura de água disponível pode ser substancialmente reduzida, dependendo claro das características naturais do porto, como o declive do seu leito, e dos elementos da CEN, designadamente o espaçamento entre isobatimétricas.

Alguns organismos produtores de CEN têm adicionado linhas isobatimétricas suplementares como forma de ultrapassar aquela limitação. Contudo, na maior parte dos casos os navegadores que desejem fazer um uso completo das águas safas terão que recorrer a técnicas especiais de planeamento para ultrapassar esta limitação, lembrando que a segurança da navegação não deve ser comprometida.

O PLANO DE NAVEGAÇÃO E OS RESGUARDOS

Num plano de navegação para águas restrita todos os trajectos devem basear-se em marcas de proa ou de popa e preferencialmente em enfiamentos, para desta forma garantir um controlo rigoroso da posição do navio com recurso à geonavegação visual.

De igual maneira a conceito de utilização de linhas de resguardo baseadas em geonavegação, delimitando o LAN também se aplica, sendo necessário desenhá-los a não ser que por casualidade o LAN corresponda efectivamente a uma linha isobatimétrica disponível na CEN e mesmo quando essa excepcional coincidência ocorre é aconselhável que o navegador possua um elemento que se possa correlacionar com o principal dos sensores em navegação: a visão.

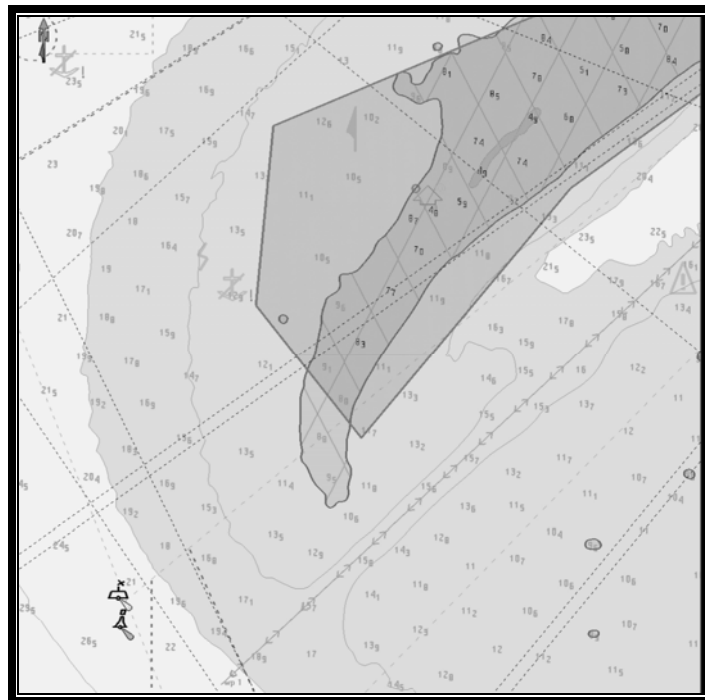


FIG. 4 – SAFETY DEPTH, SAFETY CONTOUR E RESGUARDOS

Os resguardos podem ser introduzidos manualmente e descreverão um polígono que deve ser definido como uma área perigosa, permitindo então que o ECDIS assinale a sua violação com um alarme.

Neste aspecto o ECDIS permite uma maior versatilidade do que as cartas em papel, pois é possível que para situações diferentes, por exemplo para diferentes alturas de maré, se desenhem áreas perigosas ou resguardos diferentes, sendo guardados em memória individualmente, permitindo uma futura utilização que reflecta as condições do porto no momento da sua prática. O equivalente a esta utilização numa carta em papel pode significar um panorama confuso ou impossível, obrigando em alternativa à utilização de mais do que uma carta de papel.

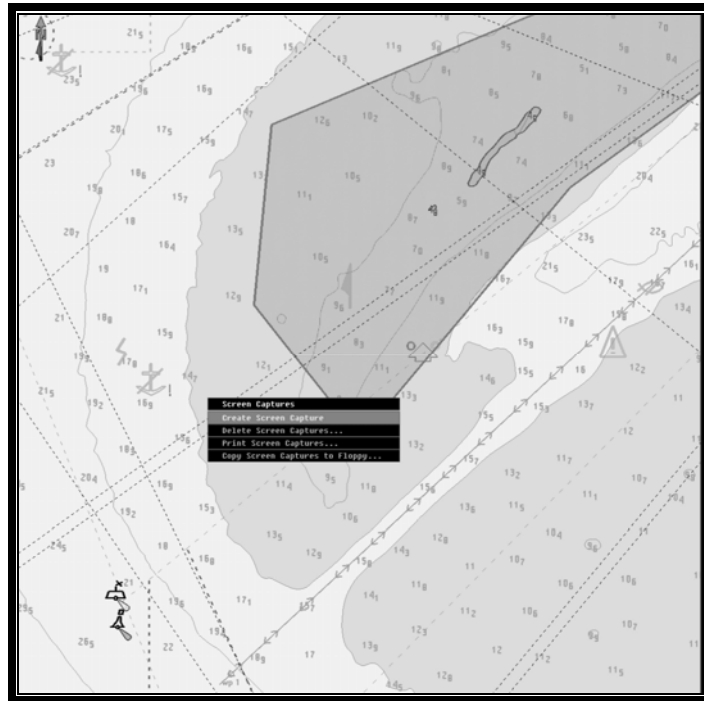


FIG. 5 – SAFETY DEPTH E SAFETY CONTOUR CORRIGIDOS

Contudo, a utilização simultânea de resguardos e do *safety contour* pode ser perigoso pois pode estar na origem de alguma confusão espacial. Lembremo-nos de que tanto os resguardos (polígono de área perigosa) como o *safety contour* poderão espoletar alarmes, quando de facto não existe coincidência entre elementos, não se sabendo então o que poderia estar na origem do alarme. A Fig 5 ilustra a mesma área que a Fig 4, mas desta feita com resguardos que foram adicionados manualmente.

Para ultrapassar este conflito o navegador deverá alterar o valor da *safety depth* de maneira a que o *safety contour* não invada ou ultrapasse o polígono desenhado com resguardos. Tal procedimento clarifica o panorama, sendo seguro pois os resguardos respeitam o LAN calculado, ao mesmo tempo que permite uma utilização maximizada da área navegável.

MARCAR E ESTIMAR A POSIÇÃO

Devido à ligação permanente do ECDIS a um GPS, mostrando a posição do navio em tempo real, parece fútil referirmo-nos aos aspectos de posicionamento e estima da posição. Contudo, as vulnerabilidades do GPS e consequentemente do posicionamento oferecido pelo ECDIS estão bem documentadas, obrigando por isso a uma verificação sistemática que permita a detecção prematura de erros.

Alguns sistemas permitem a marcação de pontos com recurso a azimutes visuais e distâncias radar, tal com quando se executa a navegação com uma carta de papel. Mas ainda que o sistema não disponha dessa complexa funcionalidade, pode-se simplesmente verificar um azimute visual ou uma distância radar a um ponto conspícuo com os valores obtidos usando o cursor electrónico de azimutes e distância à representação cartográfica daquele mesmo ponto conspícuo.

Apesar das possibilidades que hoje existem para a obtenção dum posicionamento exacto e até para a verificação automática da sua qualidade, o problema básico de navegação mantém-se: não é importante saber onde o navio está, porque nesse sítio ele está a salvo, o que é importante é estimar onde virá a estar o navio, para assim o manter afastado de perigos.



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

O ECDIS providencia a possibilidade de “espreitar” se à frente do navio existe algum perigo através da geração dum cone “anti-encalhe” cuja origem é o navio e cujo comprimento depende da velocidade do navio e duma variável temporal introduzida pelo utilizador.

Sempre que o cone “anti-encalhe” encontra um perigo físico, como por exemplo uma área perigosa ou o *safety contour*, activa-se um alarme. Assim, o navegador deverá introduzir um valor de tempo de previsão ajustado, não muito elevado para que não se dêem alarmes desnecessários, nem demasiado pequeno que não permita a detecção e reacção atempada a um perigo.

AS QUESTÕES DA LEGÍTIMIDADE E LEGALIDADE

Desde sempre que a Convenção para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS) obriga à existência a bordo das Cartas e Publicações Náuticas da zona em que se navega. O reconhecimento ou consideração de equivalência, já oficializado nas recentes revisões da SOLAS, entre Cartas Náuticas (de papel) e cartas vectoriais utilizadas num ECDIS abre uma porta para um aumento de segurança da navegação, mas deixa ainda para regular aspectos fundamentais relacionados com o próprio conceito do ECDIS.

Conforme referido anteriormente, o ECDIS deverá operar na condição de que existam redundâncias credíveis. Neste ponto concreto, devido à falta de consenso nos diversos órgãos da Organização Marítima Internacional (IMO), têm sido os Estados a regular e estabelecer aquilo que consideram ser sistemas redundantes ao ECDIS.

As redundâncias aceites ao ECDIS têm-se generalizado da seguinte maneira:

- Um segundo ECDIS que, apesar de poder estar ligado ao primeiro para facilidade de gestão de dados, deverá ser independente em termos de operação e de alimentação eléctrica.
- Um *Electronic Chart System* (ECS).
- Um fólio de cartas de papel actualizado.



FIG. 6 – EXECUÇÃO DA NAVEGAÇÃO COM UM ECDIS E COM CARTA NÁUTICA DE PAPEL



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

É também normalmente aceite que o ECDIS poderá operar como um *Raster Chart Display System*, ou seja em *RCDS mode*, utilizando cartas raster para cobrir áreas para as quais não existam cartas vectoriais. Contudo, quando tal se verificar, é normalmente exigida a utilização simultânea dum fólio de cartas em papel adequado à área em que se navega e actualizado.

Esta notória diferenciação entre produtos digitais (vector e raster), é justificada com o facto do produto vectorial poder ser interrogado e efectuar avisos e alarmes automáticos, no fundo é um produto inteligente que consegue assim superar o inconveniente da reduzida dimensão do monitor de visualização e consequente redução da percepção do panorama quando comparado com uma carta náutica em papel, algo com que o produto raster não consegue lidar.

COMENTÁRIOS FINAIS

Planear e executar a navegação em águas restritas são tarefas bastante exigentes que implicam conhecimento, técnica e aquele toque especial que faz a diferença, a que uns chamam arte e outros intuição.

A condução da navegação em águas restritas, apesar de exigente, pode ser muito gratificante quando se tem a percepção de domínio completo. Contudo, esse sentimento de controlo apenas se consegue através de uma preparação árdua e meticulosa.

Quando por qualquer motivo o navegador se depara com um elemento de informação que não faz sentido no contexto do panorama que tem disponível, tanto durante o planeamento como durante a execução, a atitude mais sensata a ter é a de questionar toda a informação, particularmente aquela que depende exclusivamente dele e dos meios de bordo, mas o melhor será ainda providenciar os meios técnicos e o treino para que tal não suceda.

É fundamental regular com precisão a utilização de qualquer nova “ferramenta” ou sistema colocado ao serviço da navegação pois só assim se conseguirá o seu uso eficiente. A não regulamentação pode num cenário simplista implicar um atraso tecnológico, mas noutro eventualmente mais complexo deixa em aberto a possibilidade de ocorrência de acidentes marítimos.



REFERÊNCIAS

1. "Admiralty Manual of Navigation", Volume 1, *General Navigation, Coastal Navigation and Pilotage*. Ministry of Defence (Navy). (1987).
2. "Admiralty Manual of Navigation", Volume 6. Ministry of Defence (Navy).
3. Resolution A.601(15). "*Provision and Display of Manoeuvring Information on Board Ships*". International Maritime Organization. (1987).
4. Resolution A.817(19). "*Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)*". International Maritime Organization. (1995).
5. Resolution MSC.64(67). "*Adoption of New and Amended Performance Standards*". International Maritime Organization. (1996).
6. Resolution MSC.86(70). "*Adoption of New and Amended Performance Standards for Navigational Equipment*". International Maritime Organization. (1998).
7. "Royal Fleet Auxiliary Service Navigation Guide". Ministry of Defense - Director General Supplies and Transport (Naval). (1988).
8. SOLAS. *Consolidated Edition, 2004 (Chapter V)*. International Maritime Organization. 4th Edition. (2004).
9. "The American Practical Navigator - *An Epitome of Navigation*". Bowditch, LL.D. Nathaniel. 2002 Bicentennial Edition. (2002). National Imagery and Mapping Agency.
10. www.rina.org.uk/rfiles/navalarchitect/squatnov04.pdf,.....