



SICNAP – SISTEMA INTEGRADO DE CONTROLE DA NAVEGAÇÃO PORTUÁRIA

J. M. Afonso Covas^(a), José E. Sanguino^(b), José Brazuna Fontes^(c), João Alfredo Santos^(a)

^(a) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

^(b) Instituto de Telecomunicações – IST, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa

^(c) Administração do Porto de Sines SA, Apartado 16, 7520-953 Sines

SUMÁRIO

O desenvolvimento dos sistemas de navegação baseados em informação fornecida por satélite, tais como o GPS, que na sua versão diferencial atinge uma precisão considerável, permite, em conjugação com um sistema de informação geográfica e outros dados complementares, o desenvolvimento de sistemas de controlo de tráfego marítimo (VTS) eficazes e relativamente económicos.

Apresenta-se nesta comunicação o protótipo de VTS desenvolvido no âmbito do projecto NATO PO-NAVIGATION para o porto de Sines. Este sistema, a instalar em terra, deve controlar permanentemente todo o tráfego partindo da informação da posição dos navios, obtida a partir de “transponders” baseados em receptores de GPS e transmitida em tempo real pelos navios, e fornecendo aos pilotos informação relativa às tendências das respectivas trajectórias e rumos.

Embora o protótipo de VTS tenha sido desenvolvido tendo em vista a sua aplicação no porto de Sines, a sua arquitectura é bastante flexível permitindo a sua utilização em outros portos, independentemente da configuração dos mesmos ou do seu tráfego marítimo.

1. INTRODUÇÃO

O controlo da navegação costeira e em zonas confinadas, tais como portos e vias navegáveis, é um factor importante na redução do risco de acidentes e do seu impacto no meio ambiente.

A situação em Portugal, no que se refere à avaliação de risco e ao controlo do tráfego marítimo pode considerar-se que está num ponto de viragem. Com efeito, no livro branco da “Política Marítima Portuária para o Século XXI” no que se refere ao controlo de tráfego, quer em águas costeiras, quer em portos, afirma-se que um dos objectivos é o uso generalizado das novas tecnologias de informação e da telemática em apoio da gestão de portos e da segurança marítima em geral.

Em Fevereiro de 1993, o LNEC apresentou ao coordenador nacional do programa Ciência para a Estabilidade da NATO uma proposta preliminar de projecto de investigação sobre um “Sistema Integrado de Controlo da Navegação Portuária (SICNAP)” que foi aprovado para financiamento em Outubro de 1994 e ao qual foi atribuído o nome de código PO-NAVIGATION. O principal objectivo deste projecto era o desenvolvimento de um protótipo de sistema integrado de controlo da navegação portuária aplicado ao porto de Sines mas bastante flexível por forma a permitir a sua utilização em outros portos nacionais, independentemente da configuração dos mesmos ou do seu tráfego marítimo.

Este sistema, a instalar em terra, deveria controlar permanentemente todo o tráfego partindo da informação da posição dos navios transmitida em tempo real pelos mesmos, fornecendo aos pilotos informação relativa às tendências das respectivas trajectórias e rumos.

O desenvolvimento dos sistemas de navegação baseados em informação fornecida por satélite, tais como o GPS, que na sua versão diferencial atinge uma precisão considerável,

permite, em conjugação com um sistema de informação geográfica e outros dados complementares, o desenvolvimento de um sistema de controlo de tráfego marítimo (VTS) eficaz e relativamente económico.

2. O PROJECTO PO-NAVIGATION

Em Outubro de 1994 a NATO / SAD aprovou o orçamento do projecto: 22 000 000 BEF, tendo um financiamento adicional de 2 000 000 BEF sido aprovado pela NATO/SAD em Março de 1999. O financiamento da NATO foi utilizado na aquisição de equipamento, no pagamento de missões de formação ao estrangeiro bem como em actividades de consultoria (conselheiros técnicos e peritos).

A actividade técnica do projecto foi levada a cabo por uma equipa envolvendo pessoal de várias Instituições Nacionais com um núcleo duro constituído por investigadores do Instituto de Telecomunicações do Instituto Superior Técnico (IST/IT), do Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG), do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e da Administração do Porto de Sines (APS). Esta actividade foi organizada em 14 tarefas que podem agrupar-se da seguinte forma:

- projecto do sistema;
- sistema de informação geográfica;
- dados ambientais;
- dados dos alvos (navios, bóias e equipamento móvel terrestre ou marítimo);
- integração de "software"
- utilização do protótipo do SICNAP no porto de Sines.

Enquanto a última tarefa será tratada no ponto **3. O PROTÓTIPO DO SICNAP**, os restantes conjuntos de tarefas serão abordados de seguida.

2.1. O projecto do sistema

A arquitectura criada para o sistema resultou de várias reuniões entre todos os participantes no projecto e de contactos com fabricantes de equipamento. Definiu-se não só o equipamento a utilizar no projecto bem como a estrutura de "software" que apoiaria o desenvolvimento e implementação do sistema integrado de controle da navegação portuária.

Arquitectura do equipamento

A arquitectura do sistema, do ponto de vista do equipamento, está representada na figura 1 e pode dividir-se nos seguintes elementos básicos:

- estação fixa de GPS diferencial;
- unidades portáteis;
- sensores ambientais;
- consola central.

A estação fixa de GPS diferencial é responsável pela transmissão das correcções de GPS diferencial para as Unidades Portáteis. Este receptor GPS especial é colocado em terra, num local de coordenadas conhecidas, por forma a poder determinar as correcções a utilizar quando funciona em modo diferencial. Essas correcções são transmitidas via rádio para as Unidades Portáteis, sendo utilizadas pelos receptores GPS dessas unidades para melhorar as estimativas de posição das mesmas.

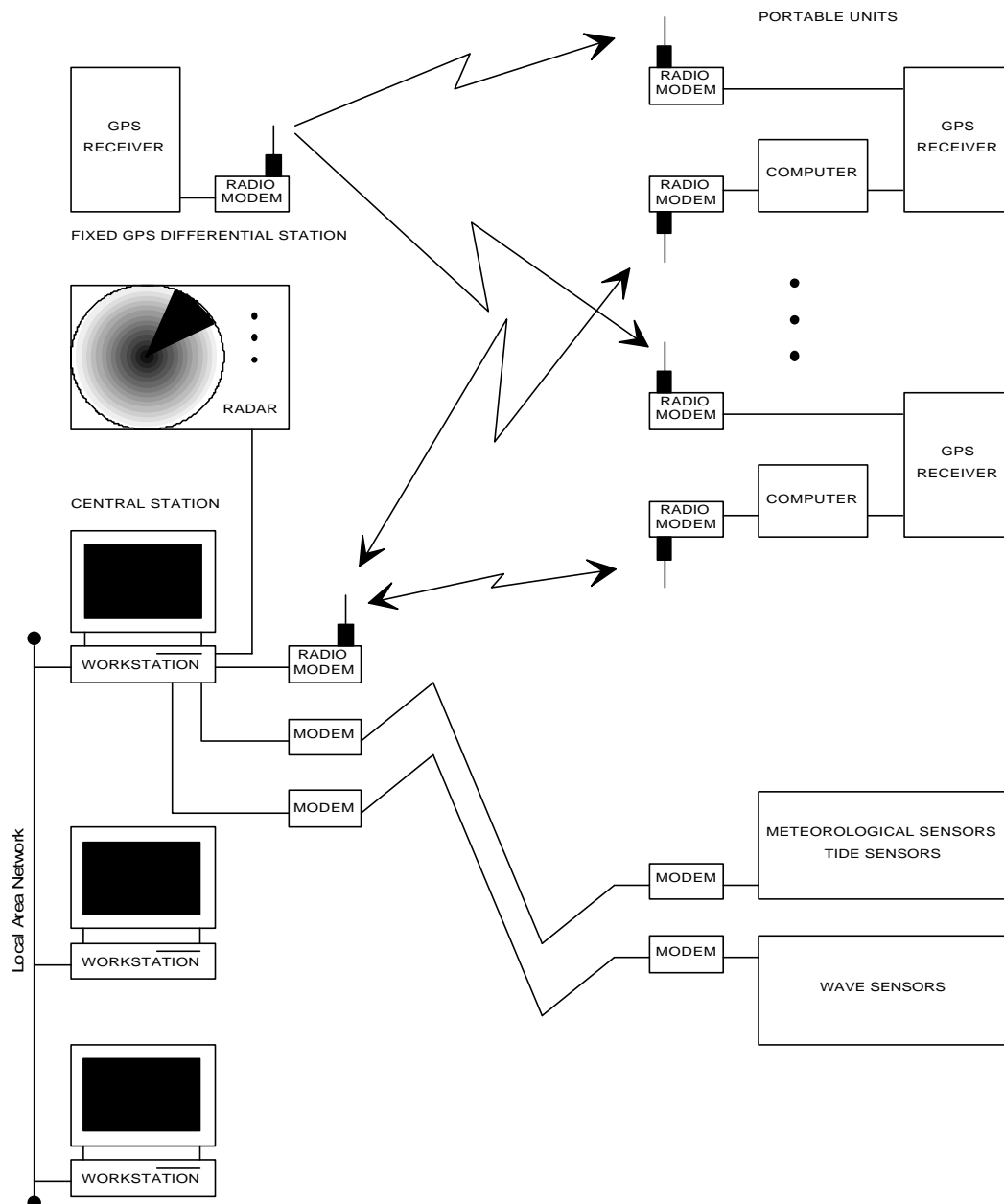


Figura 1: Arquitectura do sistema.

As Unidades Portáteis são colocadas a bordo dos navios que entram no porto. Estas unidades são capazes de determinar a sua posição utilizando GPS diferencial. Cada navio pode ter uma, ou mais, dessas unidades instalada. A componente principal das Unidades Portáteis é o receptor de GPS que opera no modo diferencial. As correcções de erro necessárias são recebidas da estação fixa de GPS diferencial via rádio, através de um “modem” dedicado. Outro “modem” é utilizado para a comunicação via rádio com a Consola Central. O protocolo de comunicação entre a Unidade Portátil e a Consola Central foi implementado num microcomputador integrado na Unidade Portátil.

As Estações Ambientais são compostas pelos sensores e pelo equipamento necessário à transmissão dos dados para a Consola Central. Os sensores fornecem informação relativa a ondas, marés e alguns parâmetros meteorológicos. Alguns dos sensores, tais como a bóia-ondógrafo, já estavam instalados e em utilização pela APS e por outras entidades, antes do início do projecto.

O objectivo principal da Consola Central é disponibilizar ao utilizador do SICNAP a funcionalidade do sistema. Assim, a Consola Central deve ser capaz de correr o “software” que implementa o sistema, bem como de estabelecer a comunicação com todo o equipamento necessário, tais como as Unidades Portáteis, as Estações Ambientais e a unidade de RADAR.

As componentes principais da Consola Central são duas “workstations”. Uma delas, designada por Posto Principal, suporta a execução do sistema. A outra, designada por Posto de Recurso, opera como unidade de recurso no caso de falha do Posto Principal. Elas estão ligadas através de uma rede local e, por redundância, não partilham qualquer equipamento de ligação ao exterior (Unidades Portáteis e Estações Ambientais).

Uma terceira “workstation”, designada por Posto Auxiliar, fornece o suporte para a execução de alguns modelos numéricos.

Na figura 2 ilustra-se a configuração do equipamento da Consola Central.

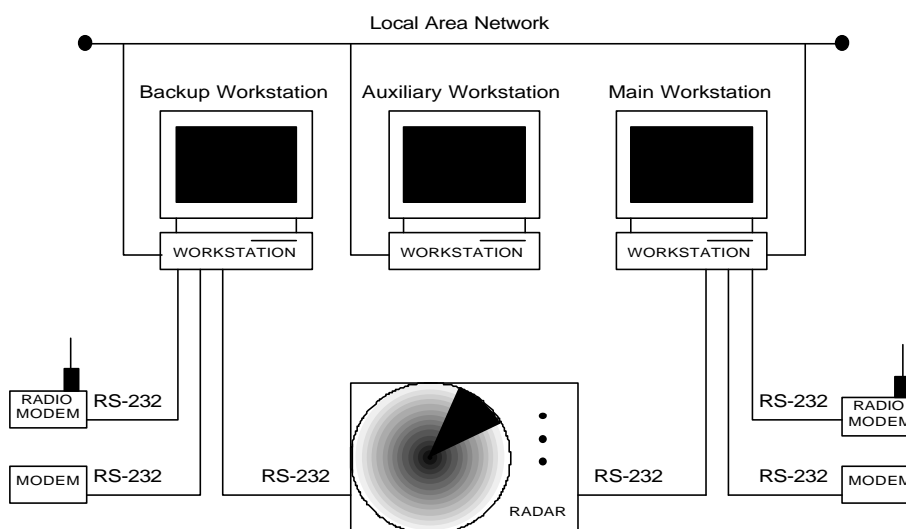


Figura 2: Configuração do equipamento da Consola Central

Os dados recolhidos nas Estações Ambientais são enviados para o sistema e utilizados nos modelos aí implementados. Com efeito, alguns desses modelos necessitam de dados em tempo real de variáveis ambientais, nomeadamente, ondas, marés, vento, pressão atmosférica, temperatura do ar e da água.

As Unidades Portáteis transmitem a sua posição, que é representada e actualizada no visor do sistema à medida que os navios se movimentam na área do porto. Quando se identifica uma situação potencial de colisão, activa-se um alarme.

Uma unidade de RADAR também será incluída na Consola Central fornecendo ao sistema a posição dos navios como seria vista pelo RADAR. O RADAR deve também ser utilizado para acompanhar a posição de alvos utilizados como ajudas à navegação. Sempre que se detectar um desses alvos fora da posição normal é emitido um alarme.

Arquitectura do “software”

Na aplicação SICNAP foram implementadas todas as funcionalidades previstas para a Consola Central na proposta de projecto apresentada à NATO.

Uma vez que a aplicação SICNAP foi desenvolvida por várias instituições trabalhando em conjunto num ambiente UNIX e porque algumas tarefas necessitavam de procedimentos muito complexos, a abordagem proposta na definição da estrutura de “software” consistiu em

considerar o SICNAP como uma aplicação multi-processo (em vez de uma aplicação com um único processo de grande dimensão).

Cada um dos processos envolvidos tem uma função bem definida sendo a comunicação com os outros processos feita através de mecanismos padrão de comunicação entre processos, nomeadamente, “sockets”, segmentos de memória partilhada, semáforos, sinais, “pipes” e filas de mensagens.

Cada processo foi, tanto quanto possível, desenvolvido por uma equipa procurando-se sempre definir bem a forma de ligação a outros processos. A comunicação entre equipas foi fundamental para o sucesso do desenvolvimento.

A estrutura da aplicação SICNAP está representada na figura 3.

Os processos são:

CON – processo de comunicação com o utilizador. Implementa todos os mecanismos disponíveis na Consola Central. Este processo trata da actualização da informação apresentada no visor do sistema. A informação a apresentar está guardada em vários segmentos de memória partilhada, também designados, por simplificação, como áreas de dados, que são preenchidos por outros processos.

GPS – trata da comunicação com as Unidades Portáteis. Cada Unidade Portátil recebe, sequencialmente, um comando para transmitir a sua posição e velocidade (pedido de dados). Estes parâmetros são guardados na área de dados GPS_DATA. A comunicação com as Unidades Portáteis é feita via rádio através de um “modem” ligado a uma das portas série do Posto Principal ou do Posto de Recurso do sistema.

RAD – “interface” com o RADAR. Este processo recebe os dados transmitidos pelo RADAR relativos aos alvos que estão a ser seguidos. Esses dados são a posição e velocidade dos alvos seguidos e são guardados na área de dados RADAR_DATA. Os alvos a seguir são seleccionados na consola do RADAR.

TID – “interface” com o marégrafo. Este processo recebe os dados do marégrafo e da estação meteorológica. A informação recebida é armazenada nas áreas de dados METEO_DATA e TIDE_DATA.

WAV – “interface” com a bóia ondógrafo: recebe informação da bóia ondógrafo. Esta informação é armazenada na área de dados WAVE_DATA.

FOR – previsão de níveis de maré: implementa os modelos de previsão de níveis de maré. Os resultados são também guardados na área de dados TIDE_DATA.

REC – gravação de dados: recolhe dados de todas as áreas de dados e guarda-os num ficheiro de base de dados.

SWI – comutação de recurso: comunica, através de um interface tipo “socket”, com um processo idêntico no Posto de Recurso sendo ambos os postos, em conjunto, responsáveis pela comutação de recurso, em caso de falha do Posto Principal.

SHI – análise de navegação: calcula a posição e a velocidade actuais de cada navio com base na informação armazenada nos segmentos de memória partilhada GPS_DATA e RADAR_DATA. Calcula também as posições futuras dos navios partindo da cinemática de cada alvo. O resultado é colocado no segmento de memória partilhada SHIP_DATA.

COL – análise de colisões: prevê as posições futuras de todos os alvos, num dado intervalo de tempo, com base na sua cinemática, para identificar situações potenciais de colisão. As posições e velocidades de cada navio podem ser lidos na área de dados SHIP_DATA. O resultado dos modelos é colocado na área de dados COL_DATA. O conteúdo desta área de dados é verificado pelo processo CON para poder emitir avisos de colisão.

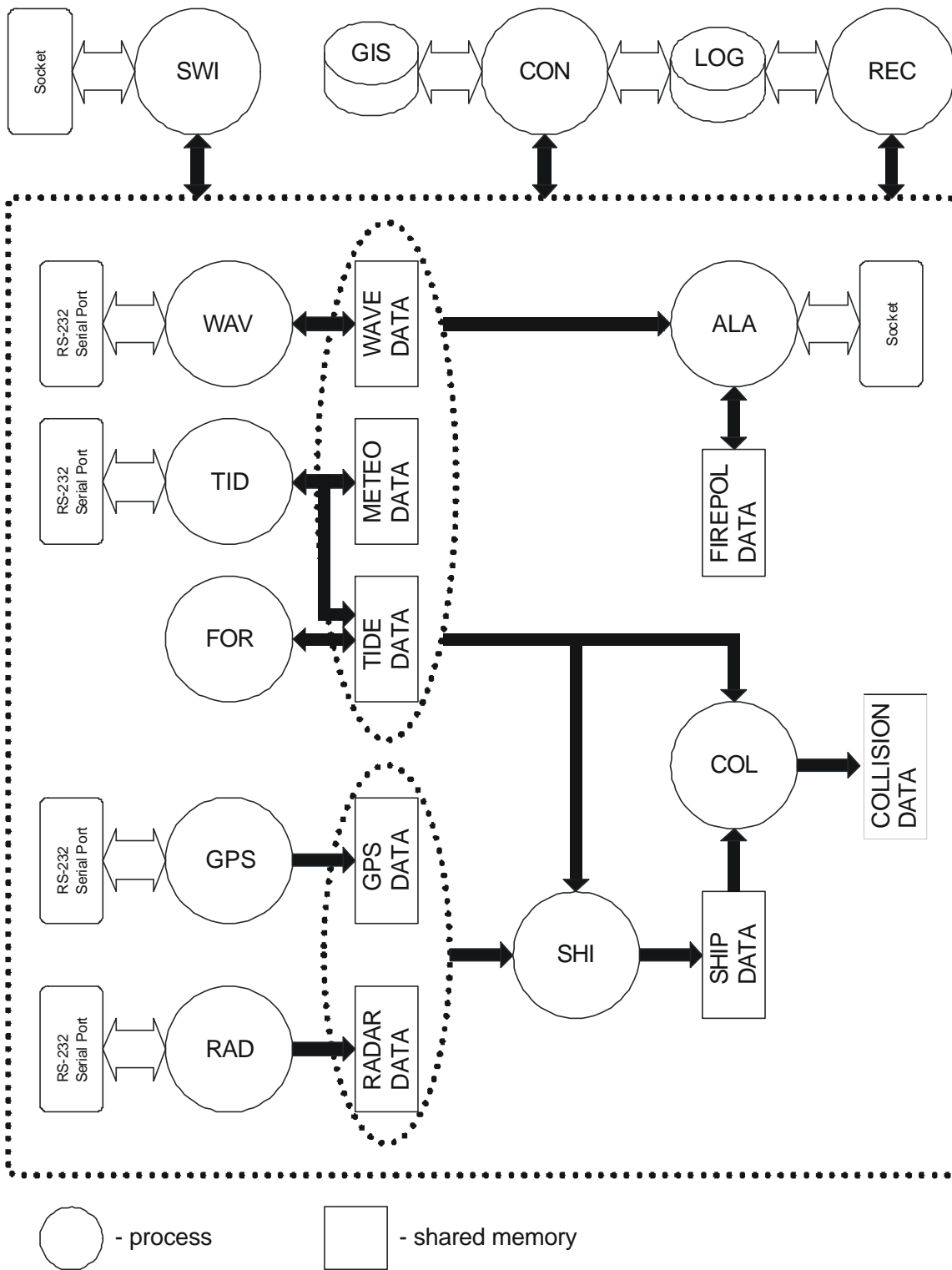


Figura 3: Arquitetura do “software” do SICNAP.

ALA – Alarmes de incêndio e poluição: implementa a interface com os modelos matemáticos utilizados para simular a dispersão de substâncias poluentes e a propagação de incêndios quando ocorrem acidentes. Estes modelos correm na “workstation” auxiliar a pedido do utilizador. O processo ALA comunica através de um interface do tipo “socket” com um processo afim na “workstation” auxiliar. Ele fornece aos modelos todos os dados necessários e coloca os resultados no segmento de memória partilhada FIREPOL_DATA. Os resultados daqueles modelos permitem a delimitação das zonas que podem ser afectadas durante e após a ocorrência de acidentes.

As interfaces entre os processos estão representadas na figura 3 como segmentos de memória partilhada embora, em alguns casos, outros mecanismos de comunicação entre processos possam ser utilizados.

Os segmentos de memória partilhada contêm a informação seguinte:

- GPS_DATA - posição e velocidade de cada alvo, como transmitidas pelas Unidades Portáteis
- RADAR_DATA - posição e velocidade de cada alvo, como detectadas pelo RADAR.
- METEO_DATA - dados recebidos dos sensores meteorológicos.
- TIDE_DATA - dados do marégrafo ou resultados dos modelos de previsão de níveis de maré.
- WAVE_DATA - dados das bóias ondógrafo.
- SHIP_DATA - posições e velocidade dos navios.
- COL_DATA - resultados dos modelos de previsão de colisões.
- FIREPOL_DATA - resultados dos modelos de simulação da dispersão de derrames de crude (ou de outras substâncias nocivas) e da propagação de incêndios em situações de acidente (áreas afectadas durante e após os acidentes).

2.2. O sistema de informação geográfica

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi desenvolvido sobre o pacote CARIS-GIS que foi o seleccionado pelo projecto. A informação da componente gráfica do SIG foi guardada no formato CARIS enquanto a componente alfanumérica foi colocada numa base de dados externa desenvolvida em ORACLE.

Durante o desenvolvimento do projecto os formatos de informação utilizados foram os do pacote seleccionado (CARIS GIS). Uma vez que o projecto não envolvia a exportação de dados para utilizadores fora do sistema, nem para outros sistemas de software decidiu-se que não seria necessário formatar os dados de acordo com a norma IHO-S57. Na ausência de uma norma portuguesa para a produção de cartas hidrográficas digitais, utilizou-se a norma canadiana com as adaptações convenientes.

Os passos dados no desenvolvimento do SIG foram os seguintes:

- estruturação e correcção da informação;
- criação da topologia, mais correcções de dados e rotulagem de polígonos;
- criação da estrutura de tabelas alfanuméricas para a base de dados;
- carregamento da base de dados alfanumérica;
- ligação entre as entidades gráficas e a informação alfanumérica;
- ligação entre as entidades gráficas e informação multimédia.

O conjunto de dados utilizado no projecto é uma versão digital parcial da carta hidrográfica 1:7500 que cobre a área de Sines e que foi produzida pelo Instituto Hidrográfico. Os dados

digitais incluem actualizações da versão em papel da mesma carta e foram produzidos especialmente para o projecto.

Das verificações de consistência dos dados efectuadas detectaram-se os seguintes problemas no conjunto de dados enviado pelo IH:

- alterações no quadro de símbolos padrão da IHO (símbolos S52);
- correcções no cabeçalho do ficheiro CARIS;
- correcções nos códigos das elementos
- mudanças nas definições de fontes.

Estes problemas tornaram necessária a inspecção manual das elementos no ficheiro e a consequente utilização de comandos “batch” ou a edição interactiva, conforme o problema, quando eram detectados problemas no ficheiro.

Para criar polígonos, capazes de serem reconhecidos topologicamente como tal pelo CARIS, foi necessário corrigir alguns dos dados gráficos, por forma a criar-se a topologia de polígono, bem como atribuir um rótulo a cada polígono.

Este rótulo pode ser introduzido manualmente ou gerado automaticamente pelo sistema. Os rótulos gerados automaticamente podem ser utilizados como as chaves de ligação entre os dados gráficos guardados nos ficheiros CARIS e os dados alfanuméricos das bases de dados externas. Caso seja o utilizador a atribuir manualmente o rótulo e / ou a chave, compete então a este garantir a unicidade das chaves.

Existem várias opções para o estabelecimento da ligação entre os dados gráficos e os atributos armazenados numa base de dados alfanumérica. A opção mais directa é a geração automática de uma lista de todas as chaves de polígonos no ficheiro CARIS seguida da introdução dessa lista numa tabela de base de dados. O utilizador pode então preencher os restantes campo da tabela, uma vez identificada a entidade gráfica corresponde a uma determinada linha da tabela da base de dados.

Há três tipos de regiões para as quais foi gerada uma topologia de polígono com ligação a informação em base de dados:

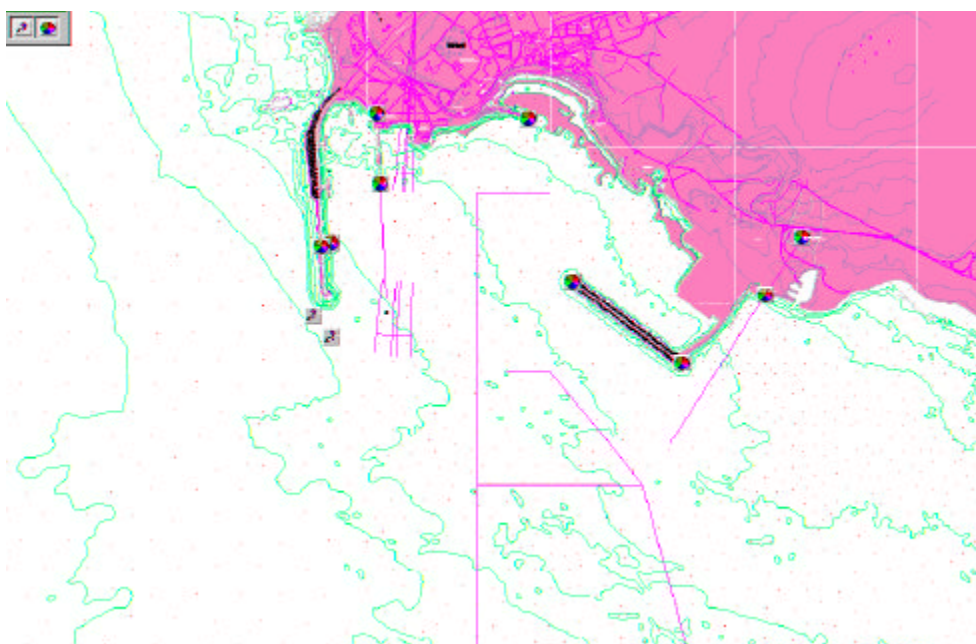


Figura 4: Carta CARIS do porto de Sines com Ajudas à Navegação – luzes, bóias e faróis.

- regiões formadas por batimétricas ou por uma batimétrica e a fronteira do domínio. Estas linhas e os correspondentes rótulos de polígono têm o número de utilizador 1 e estão associados à tabela base de dados “bathymetry”;
- Zonas de fundeadouro e os respectivos rótulos de polígono têm o número de utilizador 11 e estão associadas à tabela de base de dados “restrictedzones”;
- Zonas de aproximação e os respectivos rótulos de polígono têm o número de utilizador 12 e estão também associados à tabela de base de dados “restrictedzones”.

Os elementos de terra têm o número de utilizador 3, foram objecto de processamento topológico de rede apenas e não têm qualquer informação de base de dados associada.

As Ajudas à Navegação têm o número de utilizador 4 e estão associadas à tabela de base de dados “navigationaids”.

2.3. Os dados ambientais

Como mencionado anteriormente, as Estações Ambientais são constituídas pelos sensores ambientais e pelo equipamento de comunicação necessário à transmissão dos dados para a Consola Central. Os sensores ambientais utilizados fornecem informação relativa à ondulação, ao nível de maré e a alguns parâmetros meteorológicos.

A APS adquiriu uma aplicação informática para previsão de níveis de maré calibrada para a localização geográfica do Porto de Snes. Esta aplicação produz previsões do nível de maré que são, ciclicamente, enviadas para a Consola Central do SICNAP. Os dados meteorológicos são provenientes de um posto meteorológico instalado no porto pelo Instituto Hidrográfico. Este posto meteorológico foi testado, ligado ao SICNAP e pode considerar-se totalmente operacional. Um novo marégrafo foi instalado no Porto de Sines no início de 1997. A bóia ondógrafo instalada na zona do Porto de Sines no âmbito do Projecto NATO PO-WAVES fornece os dados de agitação necessários ao SICNAP.

Os dados de maré medidos em Sines contêm informação acerca do instante a que dizem respeito, o nível de maré medido (cm) e a origem dos dados: medição na Natureza ou previsão de modelo numérico. Os dados meteorológicos contêm informação acerca do instante a que dizem respeito, velocidade média do vento (m/s), velocidade média de rajada (m/s), direcção do vento (quadrante e graus), temperatura do ar (°C), pressão atmosférica (milibar) e humidade relativa (%). Os dados de ondas contêm informação acerca da altura da onda (cm), período (s) e direcção (graus).

A informação, em tempo real, do nível de maré e dos parâmetros meteorológicos, obtidos no marégrafo e no posto meteorológico são guardados, respectivamente, nas áreas de dados TID e MET. Os resultados da previsão do nível de maré são integrados no sistema e guardados na área de dados FOR.

O problema de fornecimento ao SICNAP, em tempo real, de informação de níveis de maré ou meteorológica engloba os seguintes aspectos:

- transferência de dados para o SICNAP;
- actualização das áreas de dados TID / MET

Os dados de qualquer dos sensores, marégrafo ou posto meteorológico, são acedidos via um servidor local do Porto de Sines que gere todos os pedidos de informação. A transferência de dados para o SICNAP é realizada utilizando o protocolo de transferência de ficheiros TCP/IP (FTP). Basicamente, o servidor do sensor envia à Consola Central do SICNAP um ficheiro contendo os dados mais recentes obtidos com um dado tipo de sensor. No caso presente, o SICNAP recebe um ficheiro contendo os níveis de maré e outro contendo a informação meteorológica.

A informação em tempo real relativa a agitação marítima é integrada no sistema sendo guardada na área de dados WAV. Os dados de agitação medidos na zona de Sines são

transmitidos via rádio para um PC em terra onde são processados e disponibilizados através de um “modem” instalado no PC e ligado à rede telefónica normal. O modem é um CCITT V.22 bis compatível operando a 2400 bps. O sistema de aquisição utiliza um protocolo “batch” YMODEM para transmitir um ficheiro de dados ao utilizador dos dados. O ficheiro de dados é um ficheiro ASCII com uma linha por registo e um registo novo cada dez minutos, aproximadamente. De três em três dias, aproximadamente, o ficheiro de dados é esvaziado.

No âmbito do projecto desenvolveu-se o “software”, a utilizar pela Consola Central do sistema, necessário à interrogação do sistema de aquisição de dados de agitação através da rede telefónica normal. Desenvolveram-se vários módulos independentes o que permite a sua utilização noutras tarefas, tendo-se criado bibliotecas com esses módulos para facilitar o desenvolvimento do “software”. O processo de integração dos dados de agitação no sistema começa com uma ligação telefónica, estabelecida periodicamente, ao sistema de aquisição de dados de agitação marítima onde é feita a captura do ficheiro que contém os dados de agitação. Depois é feito o processamento dos dados, que são disponibilizados para os outros utilizadores do sistema, por exemplo, os modelos que dependem deste tipo de informação.

2.4. Os dados dos alvos

Dados de RADAR

Na proposta de projecto inicialmente apresentada à NATO havia uma verba atribuída para a compra de um posto de RADAR composto por uma antena e estrutura de apoio, um conversor de imagem, equipamento para a transmissão de imagem e uma ligação por cabo ou via rádio. O objectivo, então, era utilizar a informação do RADAR para verificar a precisão do posicionamento dos alvos efectuado com base nos dados de GPS.

Praticamente em simultâneo com o início da actividade do projecto, a Administração do Porto de Sines recebeu a aprovação da tutela para iniciar o processo de aquisição de um sistema para controlar o tráfego marítimo na zona de Sines. Este deveria ser um VTS clássico, baseado em informação proveniente de RADAR, prevendo-se, na altura, que a sua entrega ao Porto de Sines ocorresse durante a vida do projecto. Foi, por isso, abandonada a compra de um RADAR pelo projecto e decidido utilizar a informação de RADAR do VTS a instalar no Porto de Sines.

O pessoal do projecto colaborou com a APS na definição das especificações técnicas do VTS do Porto de Sines tendo incluído nessas especificações a facilidade de acesso à informação de RADAR pelo SICNAP bem como a troca de informação geográfica num formato aceite pelo CARIS.

O “transponder” baseado em GPS

As funções principais das Unidades Portáteis desenvolvidas pelo projecto, figura 5, são a difusão das suas posições e dinâmica para outras instalações e a recepção de transmissões de outras Unidades Portáteis. Este instrumento pode ser colocado num navio ou numa bóia e a sua posição deve ser determinada a partir de informação de GPS. Utiliza-se a informação horária, em Tempo Universal Coordenado (UTC), fornecida pelo GPS. Quando estão disponíveis correcções fornecidas por uma estação de referência, utiliza-se o posicionamento por GPS diferencial.



Figura 5: A Unidade Portátil desenvolvida pelo projecto

A informação transmitida pela Unidade Portátil pode dividir-se nas seguintes categorias:

- Informação estática: número IMO, nome e código de chamada, comprimento e boca, tipo de navio, posição da antena de posicionamento no navio.
- Informação dinâmica: posição do navio com indicação da precisão e integridade da informação, tempo UTC, rumo da trajectória, velocidade em relação a terra, rumo do navio (se disponível), velocidade de guinada (se disponível), estado da navegação.
- Informação relacionada com a viagem (ao critério do comandante do navio): calado do navio, tipo de carga, destino e hora estimada de chegada (ETA).
- Informação relacionada com segurança: avisos de navegação e meteorológicos importantes.

As mensagens com informação estática e relativa à viagem são transmitidas com um intervalo de 6 minutos ou sempre que solicitado (ou quando tenha ocorrido alteração nos dados).

A taxa de difusão da informação dinâmica depende do movimento do navio e pode variar entre uma vez cada dois segundos e uma vez cada três minutos.

A informação relacionada com segurança só é transmitida quando solicitada.

Estas características operacionais da Unidade Portátil desenvolvida estão de acordo com as propostas na New Draft Recommendation ITU-R M. Os componentes básicos daquela unidade são: um receptor de GPS, um modem rádio e um microprocessador. Utilizaram-se apenas componentes disponíveis comercialmente.

O software foi desenvolvido como um sistema aberto por forma a facilitar a integração de “modems” radio e de receptores de GPS de diferentes proveniências. Utilizou-se a metodologia OSI (Open Systems Interconnection) no projecto dos diferentes níveis de comunicação dos “interfaces” entre o receptor de GPS e o “modem” rádio. Cada nível foi desenvolvido como um processo independente controlado por acontecimentos. Em cada interface, o nível mais baixo foi implementado como um processo controlado por interrupções na porta série associada. Os outros níveis de comunicação foram implementados como processos controlados do interior para o exterior (“kernel driven processes”).

Utilizaram-se filas do tipo FIFO (First In First Out) na comunicação entre níveis adjacentes. Foram definidos pontos de acesso de serviço (Service Access Points – SAP) em cada nível por forma a permitir um desenvolvimento independente dos processos de comunicação.

Criou-se um processo gestor de tempos para complementar os serviços nucleares em tempo real. Tendo-se utilizado “timeouts” nesse processo.

Os serviços de alto nível fornecidos pelos níveis superiores, nas “interfaces” do “modem” rádio e do receptor de GPS, permitiram uma redução significativa na complexidade do nível da aplicação AIS, isto é, da aplicação produtora das mensagens transmitidas pela Unidade Portátil e que classifica a Unidade Portátil como um “transponder” com sistema de identificação automática (AIS). Na figura 6 apresenta-se um esquema da arquitectura do software.

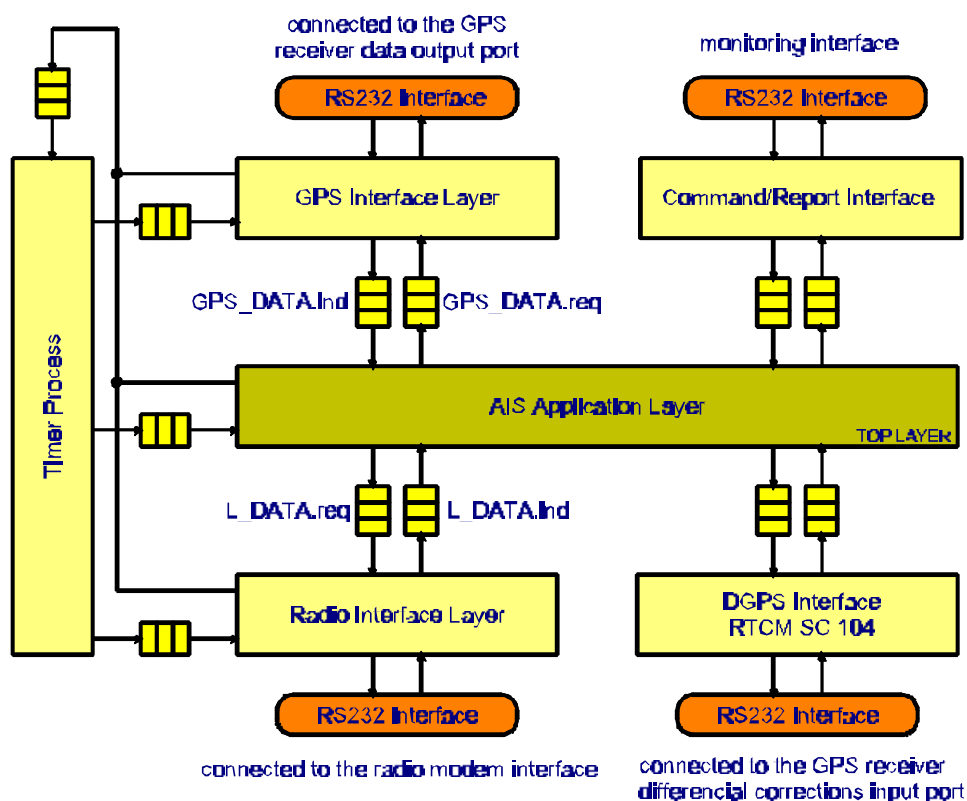


Figura 6: Esquema da arquitectura do “software” das Unidades Portáteis

Embora estas Unidades Portáteis tenham sido criadas tendo em vista a sua integração num VTS, a sua estrutura, quer do ponto de vista de equipamento, quer do ponto de vista de “software”, permite a sua utilização noutras aplicações com ajustes mínimos. A arquitectura aberta criada facilita o adicionar de outros sensores (com interfaces analógicos ou digitais). Esta adaptabilidade a fins múltiplos é considerada o aspecto mais interessante da arquitectura desenvolvida.

As manobras de navios

O objectivo desta parte do projecto era o desenvolvimento de um procedimento simples para evitar colisões: partindo da cinemática dos navios na zona em estudo, num dado instante, prever as trajectórias futuras de todos os navios. Sempre que pelo menos duas das trajectórias previstas estão demasiado próximas, o sistema de controle de navegação portuária emite um aviso para os navios envolvidos informando das coordenadas e do instante previstos para a ocorrência da colisão. Os comandantes dos navios envolvidos decidirão, então, das medidas a tomar.

Uma vez que as colisões são definidas como as situações em que as trajectórias dos navios estão demasiado próximas, não há necessidade de determinar a área varrida pelo navio no seu

movimento. Em vez disso, basta conhecer a trajetória de um ponto a meio navio, por exemplo. A distância mínima que determina a emissão de um aviso de colisão é um parâmetro global do sistema, embora também possa ser utilizada uma distância característica por navio.

Quando foi apresentada a primeira versão da arquitectura do sistema, tornou-se evidente que os procedimentos necessários à actualização das estimativas das posições dos alvos a colocar na área de dados SHI eram semelhantes aos empregues na previsão das trajetórias dos navios. Assim outro objectivo desta parte do projecto passou a ser a actualização, com base na informação de GPS recebida, das estimativas das posições actuais dos alvos a colocar na área de dados SHI. Mais tarde, incluiu-se também o processamento da informação de posicionamento recebida do RADAR.

Essencial na actualização das estimativas dos alvos é a classificação dessas estimativas com base na idade dos dados utilizados no cálculo dessas estimativas. Tal foi conseguido com a atribuição de um número de mérito (Figure of Merit – FOM) a todas as estimativas.

Uma vez que todos os cálculos da cinemática dos alvos assumem o movimento do alvo num plano, foi necessário converter para coordenadas XY as coordenadas esféricas enviadas pelas unidades de GPS.

A identificação de possíveis situações de colisão baseia-se nas trajetórias previstas para todos os alvos na região em estudo assumindo que as suas acelerações se mantêm constantes durante o intervalo de tempo de previsão. Sempre que pelo menos dois alvos estão muito próximos, é adicionado um novo registo à área de dados COL e um aviso pode ser emitido pela Consola Central. Tomou-se algum cuidado na análise do movimento de rebocadores que acompanham um navio pois tal pode ser considerado como uma colisão apenas porque dois alvos estão muito próximos.

2.5. Integração de software

O SICNAP foi desenvolvido numa workstation HP 9000 modelo 777/C110, com o sistema operativo UX 10.20 e com a interface gráfica de utilização X window.

Foram utilizadas as seguintes ferramentas de desenvolvimento: db-UIM/X 3.0, XRT/PDS 1.0.0 e CARIS++ 2.1.2.. A interacção entre estas ferramentas e os vários tipos de dados do sistema está representada na figura 7.

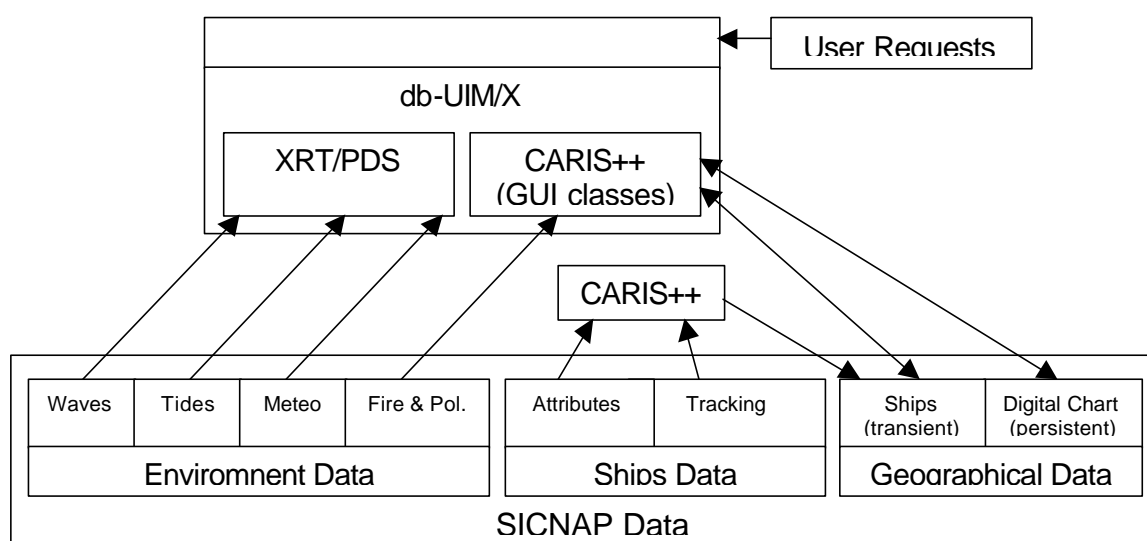


Figura 7: Ferramentas de desenvolvimento do SICNAP e tipos de dados do sistema.

A ferramenta de programação db-UIM/X fornece uma forma eficiente e interactiva para construção de janelas de interface bem como de utilitários X padrão.

O software XRT/PDS fornece um vasto conjunto de utilidades, tais como tabelas, formulários de validação de entradas de dados, gráficos 2D / 3D e barras de ferramentas adicionais, que são úteis para a visualização de dados ambientais. O ambiente básico de desenvolvimento da interface gráfica com o utilizador do SICNAP resulta da integração do db-UIM/X e do XRT/PDS.

A funcionalidade de SIG é assegurada pelo CARIS++. A visualização de cartas é realizada em áreas de desenho X e as consultas às cartas são realizadas via controle de rato e utilitários de interface. Compete também ao CARIS++ o estabelecer de relações entre os dados ambientais e de seguimento de alvos e a informação geográfica. A representação de alvos em movimento (navios e bóias) e a recolha de informação geográfica ao longo da trajectória dos alvos, para efeitos de emissão de alarmes, por exemplo, está também implementada com o CARIS++.

3. O PROTÓTIPO DO SICNAP

O principal objectivo do sistema de controlo da navegação portuária é acompanhar a actividade dos navios na zona do Porto de Sines. Este acompanhamento envolve a representação dos alvos como objectos em movimento na Consola Central do sistema. O processo de visualização fica a cargo do SIG que também fornece um conjunto de ferramentas para gerir a informação geográfica, tais como consultas, ampliações, deslocação da janela sobre a carta e selecção. As funções básicas de informação geográfica do sistema desenvolvido para o Porto de Sines são as seguintes: carta digital, níveis de visualização, ferramentas de inspecção, janela com a vista global e ferramenta de medição. Estas funções são apresentadas ao operador do SICNAP como se mostra na figura 8.

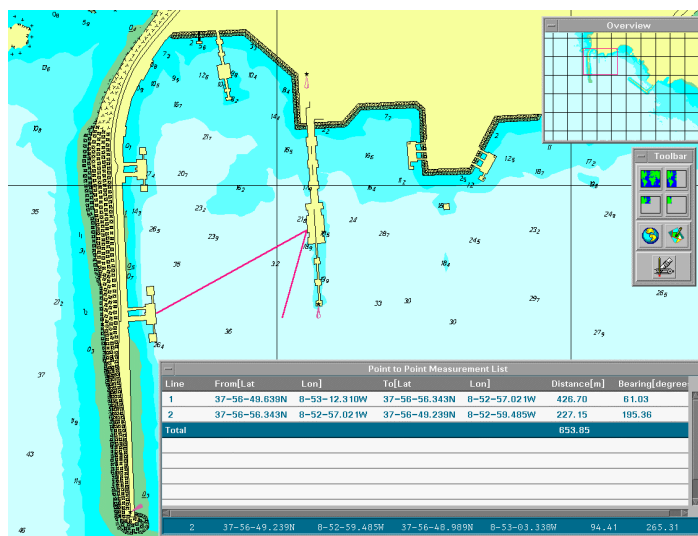


Figura 8: Exemplos das funções de informação geográfica: A janela com a vista global, a barra de ferramentas e a ferramenta de medição de distâncias.

A carta digital contém, além da informação de batimetria, um manancial de informação diversa, tal como zonas de fundeadouro, zonas de aproximação e elementos da costa, incluindo ruas e edifícios dentro da área do Porto de Sines.

A informação geográfica estática e dinâmica está distribuída por diferentes níveis de visualização, de acordo com o tipo de informação. Para evitar a sobrecarga do visor com informação irrelevante, o operador do SICNAP tem a possibilidade de seleccionar quais os níveis a visualizar.

A ferramenta de medição é utilizada para medir distâncias entre vários pontos na carta. São também medidos os rumos de cada segmento entre dois pontos consecutivos.

A janela com a vista global consiste numa pequena janela onde é visualizada toda a área controlada pelo SICNAP na qual um pequeno quadrado representa a parte da carta visualizada na vista principal. O movimento da janela sobre a carta também pode ser comandado a partir do movimento daquele quadrado. Apenas informação estática fundamental é representada na janela com a vista global.

O SICNAP está preparado para a aquisição, em tempo real, de informação de posicionamento de dois tipos de sensores: “transponders” com sistemas de identificação automática (as Unidades Portáteis) e RADAR. Informação adicional proveniente da Base de Dados de Gestão do porto – sistema SINAVE - também é aceite pelo sistema dando origem a uma extensão das capacidades do SICNAP de um Serviço de Informação e Controle de Tráfego de Navios (VTS) em direcção a um Serviço de Informação, Controle e Gestão de Tráfego de Navios (VTMIS). Esta ligação à Base de Dados de Gestão do porto permite a entrada de informação adicional no SICNAP para além da transmitida pelas Unidades Portáteis. Assim, entre outras, inclui-se a descrição da carga do navio, operações de cais a realizar e local de fundeadouro no porto. É a existência desta última informação que permite a representação do navio no sistema, mesmo quando não está disponível outra informação.

A informação de posicionamento e gestão utilizada pelos objectos Navio pode ter diversas proveniências tais como RADAR, “transponders” AIS ou a base de dados de gestão do porto. Dependendo da origem diferentes representações visuais são utilizadas, sendo possível a mudança entre as várias representações.

Os objectos Bóia obtêm a sua informação de posicionamento a partir do RADAR ou de “transponders” AIS. Os objectos Veículo Terrestre obtêm a sua informação de posicionamento de “transponders” AIS.

Os objectos Veículo Terrestre não sofrem mudança de representação e as mudanças possíveis nos objectos Bóia podem ser considerados um subconjunto das mudanças possíveis nos objectos Navio.

O objecto Navio é criado logo que um registo nas áreas AIS ou RAD ou na base de dados de gestão identifica positivamente esse navio. A representação visual do navio dependerá da origem da informação de posicionamento, da precisão na estimação da posição (número de mérito – FOM) e da disponibilidade de informação acerca do rumo. O Quadro 1 sistematiza as quatro representações possíveis.

Quadro 1 – Tipos de representação do objecto NAVIO

Tipo	Descrição	Origem da informação
0	Navio sem dados dinâmicos mas posicionado numa zona do porto bem determinada.	Apenas a base de dados de gestão do porto.
1	Navio sem qualquer representação de rumo.	RADAR ou AIS sem informação de rumo.
2	Navio com representação de rumo.	AIS (apenas) com informação de rumo.
3	Navio cuja trajectória se perdeu no interior da zona portuária.	Não há fonte de informação corrente.

Navios dos quais a única fonte de informação é a base de dados de gestão do porto e que estão colocados num local indeterminado do porto não têm representação geográfica. A informação relativa a estes navios está disponível apenas no formato tabela.

Considere-se, por exemplo, um navio amarrado sem qualquer informação de RADAR ou de AIS disponível. Este navio é designado como um objecto do tipo 0 e é representado próximo do posto de acostagem respectivo. A informação de posicionamento para objectos deste tipo provêm directamente da base de dados de gestão do porto.

Se for activado um AIS (Unidade Portátil) nesse navio, ocorre uma mudança para outro tipo de objecto. A informação estática virá directamente da Unidade Portátil sendo o objecto considerado num estado dinâmico.

Se a Unidade Portátil não puder transmitir informação relativa ao rumo do navio, ou se essa informação não estiver disponível, o navio será representado como um objecto do tipo 1. Caso contrário o navio será representado como um objecto do tipo 2.

Se um objecto em movimento não tiver uma Unidade Portátil a bordo então a informação de RADAR, se disponível, será utilizada para seguir o navio durante a sua permanência na zona portuária. Caso o objecto não seja identificado pelo operador do SICNAP, ele continuará no sistema como um alvo de RADAR não identificado.

A informação guardada nas bases de dados do SICNAP deve ser apresentada ao operador de forma clara e concisa. Parâmetros críticos de operação, tais como o tipo de alvo e a informação de posicionamento utilizada, devem ser reconhecidos visualmente e com facilidade pelo operador do sistema.

Objectos do tipo 0 são representados como navios na posição correspondente no porto, tal como mostra a figura 9.

Objectos do tipo 1 não fornecem informação relativa ao rumo do navio. Sem essa informação não é possível ter uma representação precisa do navio e assim o navio é representado como um círculo (figura 10)

Para cada objecto Navio do tipo 1, ou do tipo 2, em movimento apresenta-se um vector com a variação de posição prevista num intervalo de tempo de três minutos.

Veículos Terrestres e Bóias são representados como se mostra nas figuras 11 e 10, respectivamente. Não se processa qualquer informação de rumo e não se estima a evolução da posição destes objectos.

Objectos móveis resultantes de alvos de RADAR não identificados são representados como um quadrado (figura 12). Uma vez que não existe qualquer informação acerca das dimensões do objecto, as dimensões do quadrado não podem estar à escala.

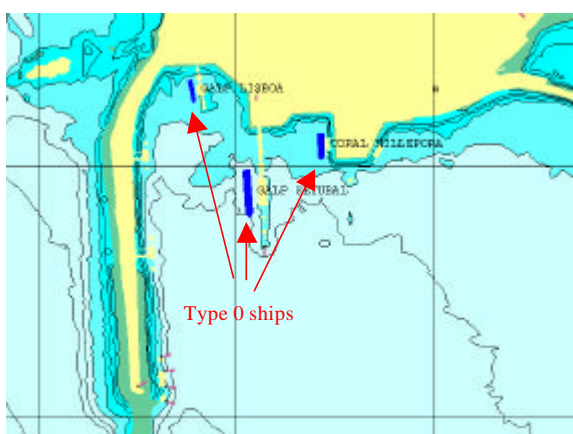


Figura 9: Objectos Navio do tipo 0.

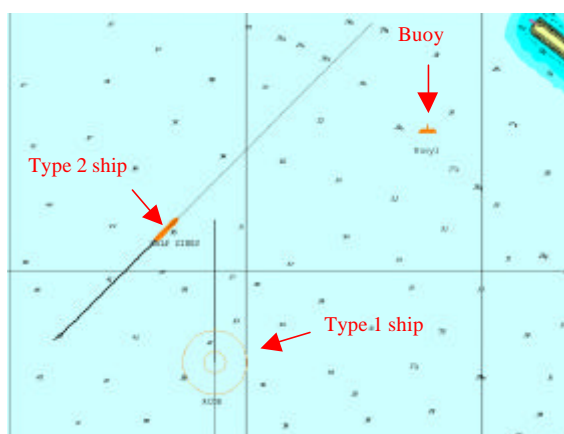


Figura 10: Objectos Navio do tipo 1 e 2 e objecto Bóia.



Figura 11: Veículo Terrestre representado por um círculo.

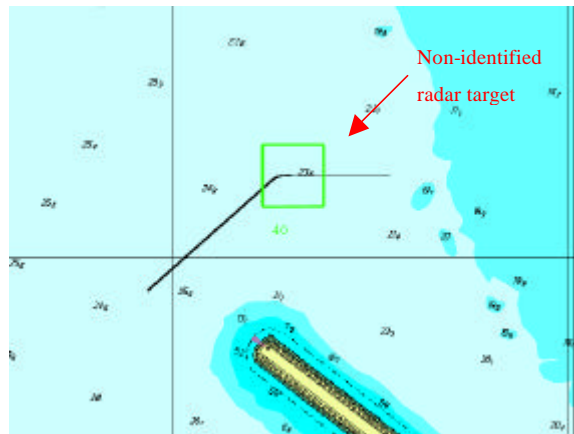


Figura 12: Alvo de RADAR não identificado.

4. CONCLUSÕES

Com financiamento da Divisão de Assuntos Científicos da NATO, ao abrigo do Programa Ciência para a Estabilidade - Fase III, foi aprovado em Outubro de 1994 o projecto de investigação "Integrated Harbour Navigation Control System", abreviadamente designado por NATO PO-NAVIGATION, e que contou com a participação de diversas Instituições Nacionais com um núcleo duro constituído pelo LNEC, IST/IT, CNIG e APS. Também colaboraram, embora com participação mais reduzida, investigadores e professores do IST/DEC (secção de Hidráulica), Escola Naval, Escola Náutica Infante D. Henrique, CPC is e EDISOFT.

Após uma fase de arranque muito difícil, o projecto entrou em regime de funcionamento normal sendo a coordenação respectiva assegurada pelo LNEC e apoiada cientificamente na participação do director de projecto em várias acções de investigação da UE do âmbito da DG VII – preparação do Programa de I&DT "TRANSPORTS", participação na "Acção COST 326 ECDIS for the Maritime Transport", Acção Concertada "Added Value Services for VTMISS", projecto de investigação VTMISS-NET – e ainda na colaboração do Consultor da NATO para o PO-NAVIGATION, Dr. Salem E. Masry, presidente da Universal Systems LTD (USL), Fredericton, New Brunswick, Canada.

No decorrer do projecto foram efectuadas numerosas missões de estudo – estágios, participações em congressos com apresentação de comunicações, participações em reuniões internacionais de índole diversa - quer financiadas pelo projecto PO-NAVIGATION, quer no âmbito das acções de investigação da UE atrás referidas.

Já na parte final do projecto, dois bolsheiros de investigação que colaboravam na equipe do IST/IT, foram contratados pela USL, tendo passado a dar colaboração, para finalização das tarefas do projecto respectivas, ao abrigo de um contrato celebrado entre o projecto PO-NAVIGATION e a USL e no âmbito do qual, uma vez salvaguardados os direitos de autor do projecto, ficou a USL com o exclusivo da comercialização do SICNAP.

Actualmente (Julho de 2001) o sistema SICNAP encontra-se operacional no porto de Sines, ainda em fase de teste, pelo facto de o VTS de radar se encontrar em fase final de instalação por parte da firma fornecedora respectiva – a SAINSEL. Existem duas unidades AIS instaladas nos rebocadores SPARTACUS e POSEIDON e uma terceira unidade montada numa carrinha da Divisão de Segurança e Ambiente. Foi com base nestas três unidades que foi feita a demonstração da operacionalidade do SICNAP, quando da última visita ao projecto do "Steering Group" da NATO em Setembro de 1999. Uma vez concluída a instalação do VTS de

radar o sistema SICNAP será ligado ao VTS o que provavelmente acontecerá ainda antes da realização destas Jornadas (Outubro de 2001).

REFERÊNCIAS CORRESPONDENTES A PUBLICAÇÕES DO PROJECTO

ALGUNS RELATÓRIOS ADMINISTRATIVOS E DE GESTÃO DO PROJECTO

COVAS, J. M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Project Plan.* Lisbon, LNEC, March, 1994.

ALGUNS RELATÓRIOS DE MISSÕES DE ESTUDO

SANGUINO, J. DA CUNHA; PONTES, L. ROCHA; REIS, R. PEREIRA; GRANADO, I. TAVARES; BEIRÃO, J. HOLBECHE; SILVA, J. MACEDO - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. CARIS++ ODK Training Course (USL, Fredericton, Canada). Mission Report.* PO-NAVIGATION Report 1/96. Lisbon, LNEC, February 1996.

SANGUINO, J. DA CUNHA; LEITÃO, JOSÉ M. NUNES - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION - ION GPS 96. IST/IT Mission Report.* PO-NAVIGATION Report 10/96. Lisbon, LNEC, October 1996.

ALGUMAS COMUNICAÇÕES E PUBLICAÇÕES DE CARÁCTER CIENTÍFICO

COVAS, J.M. AFONSO - *Summary presentation of the R&D project "Integrated Harbour Navigation Control System (NATO PO-NAVIGATION)".* Commission of the European Communities Document EUCO-COST 326/10/95. Brussels, September 1995.

COVAS, J. M. AFONSO - *Sistema de Controlo Integrado da Navegação Portuária ("Integrated Harbour Navigation Control System - NATO PO-NAVIGATION").* In *Revista de Recursos Hídricos (Portuguese Hydraulic Resources Review)*, Lisbon 1995.

COVAS, J.M. AFONSO, KINGSTON, LIZ - *CARIS selected for a Portuguese VTS Programme.* CARIS Highlights, Universal Systems Ltd. Newsletter, Fredericton, Canada, November/December 1995.

COVAS, J.M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Port of Sines Potential Needs for VTMS - Paper presented to the International Workshop on Vessel Traffic Management and Information Services. Safety, Efficiency and Costs – VTMS Workshop.* Amsterdam, The Netherlands, 17-19 November 1997. *Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 12/97. Lisbon, LNEC, December 1997.

COVAS, J.M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Overview of the Portuguese VTS Plans - Paper presented to the Second Progress Meeting of the E. U. 4th F.P. RTD Project VTMS-NET.* Lisbon, Portugal, 10 June 1998. *Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 3/98. Lisbon, LNEC, July 1998.

COVAS, J.M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. The VTMS Concept and Related Projects. Application to the Port of Sines Situation - Paper presented to the Public Session of the 9th Meeting of the Management Committee of the EU Concerted Action on VTMS.* Lisbon, Portugal, 11 June 1998. *Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 4/98. Lisbon, LNEC, July 1998.

COVAS, J.M. AFONSO; TEIXEIRA, ANTÓNIO TRIGO; SANGUINO, JOSÉ - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Development of Vessel Traffic Management and Information Systems for the Portuguese Ports. National Report presented to the 29th PIANC International Navigation Congress.* The Hague. The Netherlands, 5-11 September 1998. *Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 10/98. Lisbon, LNEC, October 1998.

PONTES, LUÍS ROCHA; MIRANDA, ANTÓNIO PEDRO; MARQUES, SÉRGIO MANUEL; SANGUINO, JOSÉ - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Aspects of the Development of a Vessel Traffic System for the Port of Sines. Paper presented*

at the Third International CARIS Conference. Du Ruwenberg, The Netherlands, 21-23 September 1998. *Technical Report*. PO-NAVIGATION Report 11/98. Lisbon, LNEC, October 1998.

COVAS, J.M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Progress Status of PO-NAVIGATION Project - Paper presented to the 2nd Progress Meeting of the E. U. 4th F.P. RTD Project VTMISS-NET*. Rome, Italy, 12 November 1998. *Technical Report*. PO-NAVIGATION Report 1/99. Lisbon, LNEC, January 1999.

COVAS, J.M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Vessel Traffic Management and Information Services in Portugal. Introduction to the Theme - Paper presented to the workshop "Vessel Traffic Management and Information Services in Portugal"*. Lisbon, Portugal, 27 November 1998. *Technical Report*. PO-NAVIGATION Report 2/99. Lisbon, LNEC, January 1999 (in Portuguese).

COVAS, J.M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Vessel Traffic Management and Information Services in Portugal. Introduction to the Theme - Paper presented to the workshop "Vessel Traffic Management and Information Services in Portugal"*. Lisbon, Portugal, 27 November 1998. *Technical Report*. PO-NAVIGATION Report 3/99. Lisbon, LNEC, April 1999 (in English).

SANGUINO, JOSÉ; PONTES, LUÍS ROCHA; MARQUES, SÉRGIO MANUEL; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION.- *Architecture of a GPS-Based Transponder. Application to a Vessel Traffic System. Paper presented in the EUROSPACE Conference "DASIA 2000 – Data Systems in Aerospace"*. Lisbon 17-21, May 1999. PO-NAVIGATION Report 9/99. Lisbon, LNEC, May 1999.

MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Integrating Real-Time Moving Objects in GIS. Application to a Vessel Traffic System. – paper presented at the Fourth International CARIS Conference*. Fredericton, Canada, 23-24 September 1999. PO-NAVIGATION Report 2/00. Lisbon, LNEC, June 2000.

SANGUINO, JOSÉ; MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Operational aspects of a DGPS-Based Vessel Traffic System – Paper presented in the EUROSPACE Conference "DASIA 2000 – Data Systems in Aerospace"*. Montreal, Canada, 22-26 May 2000. PO-NAVIGATION Report 3/00. Lisbon, LNEC, June 2000.

COVAS, J. M. AFONSO - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *THE PORT OF SINES VTS-VTMISS*. Paper presented to the Workshop Sessions of the Second International Meeting "EUREKA (meets) ASIA". Macao, Republic of China, 23-27 May 2000. PO-NAVIGATION Report 4/00. Lisbon, LNEC, June 2000.

ALGUNS ESTUDOS DE BASE

SANGUINO, J. DA CUNHA; PONTES, L. ROCHA; LEITÃO, JOSÉ M. NUNES - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *System Design. Task 1 - Final Report*. PO-NAVIGATION Report 5/96. Lisbon, LNEC, March 1996.

SANGUINO, J. DA CUNHA; PONTES, L. ROCHA; LEITÃO, JOSÉ M. NUNES - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Development of the Data Acquisition Simulation Processes. (First release of tasks 5, 6, 7 and 11)*. PO-NAVIGATION Report 6/96. Lisbon, LNEC, May 1996.

SANGUINO, J. DA CUNHA; PONTES, L. ROCHA; LEITÃO, JOSÉ M. NUNES - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Real Time Wave Information . Task 6 - Final Report*. PO-NAVIGATION Report 3/97. Lisbon, LNEC, March 1997.

BEIRÃO, J. HOLBECHE; PITSCHIELLER, VASCO; FONTES, BRAZUNA - *Integrated Harbour Navigation Control System*. NATO PO-NAVIGATION. *Aids to Navigation – Task 8 Final Report*. PO-NAVIGATION Report 1/98. Lisbon, LNEC, April 1998.

HENRIQUES, RUI GONÇALVES; REIS, RUI M. P.; COTRIM, ANA R. F. V. O. - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 2 – Geographical Information System. Final Report. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 7/98. Lisbon, LNEC, August 1998.

SANTOS, JOÃO ALFREDO - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 10 – Ship Manoeuvres. Final Report. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 9/98. Lisbon, LNEC, August 1998.

MIRANDA, ANTÓNIO PEDRO; MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 12 – Integration of Software. Progress Report I. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 12/98. Lisbon, LNEC, October 1998.

MIRANDA, ANTÓNIO PEDRO; MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 12 – Integration of Software. Progress Report II. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 13/98. Lisbon, LNEC, October 1998.

SANGUINO, JOSÉ; PONTES, LUÍS ROCHA; LEITÃO, JOSÉ MANUEL; PEREIRA, PEDRO, CALADO, MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Guidelines for the Development of the SHI Process. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 15/98. Lisbon, LNEC, December 1998.

MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 12 – Integration of Software. Progress Report III. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 4/99. Lisbon, LNEC, April 1999.

MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 12 – Integration of Software. Progress Report IV. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 5/99. Lisbon, LNEC, April 1999.

MARQUES, SÉRGIO MANUEL; PONTES, LUÍS ROCHA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 5 – Real Time Tidal Information. Final Report. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 6/99. Lisbon, LNEC, April 1999.

HENRIQUES, RUI GONÇALVES; REIS, RUI M. P. - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 3 – Digitization of Hydrographic Charts and Maps. Final Report. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 7/99. Lisbon, LNEC, April 1999.

COTRIM, ANA RITA; SANGUINO, JOSÉ; LEITÃO, JOSÉ MANUEL - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. Task 12 – Integration of Software. Progress Report V. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 1/00. Lisbon, LNEC, January 2000.

ALGUMAS PUBLICAÇÕES DIVERSAS

COVAS, J. M. AFONSO - *Apresentação Sumária do Projecto de Investigação «Sistema de Controlo Integrado da Navegação Portuária» (“Integrated Harbour Navigation Control System - NATO PO-NAVIGATION”)*. Portuguese version of a summary presentation document of PO-NAVIGATION project mailed to JNICT and to all the Portuguese actors of the maritime transport. Lisbon, LNEC, August 1995.

DIAS, MANUEL DINIS DA COSTA; DIAS, JOSÉ MANUEL BIOCAS - *Integrated Harbour Navigation Control System. NATO PO-NAVIGATION. International Public Competition Within the European Union for the Purchase of the VTS for the Port of Sines. Document 1 - Announcement; Document 2 - Competition Program, Document 3 - The State of Requirements and the Specifications. Technical Report.* PO-NAVIGATION Report 7/97. Lisbon, LNEC, October 1997.