

# Proposta de Implementação de Arquitetura Híbrida para o Processo de Fusão de Dados no Cenário Marítimo

Cleber Almeida de Oliveira e Mischel Carmen Neyra Belderrain  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, S. J. dos Campos, Brasil – e-mail:cleber@ita.br, carmen@ita.br

**Resumo** — O objetivo deste trabalho é descrever uma proposta de implementação de arquitetura híbrida para o processo de fusão e integração dos dados provenientes de múltiplos sensores de uma classe de navios da Marinha do Brasil (MB) em um cenário com múltiplos contatos. A fusão e integração dos dados visam a otimizar o processamento dos dados para a visualização do cenário, minimizando os dados redundantes, mantendo o rastreamento e subsidiando a classificação das plataformas no ambiente marítimo sem a necessidade da interferência humana no processo. A contribuição deste estudo consiste na proposição e implementação de modelo específico para a MB e na definição das relações de dependência existentes em cada etapa do processo.

**Palavras-chaves** — Compilação do Quadro Tático Marítimo, Fusão de Dados, Múltiplos Sensores.

## I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os sensores embarcados, a informática e os equipamentos de comunicação sofreram significativas evoluções tecnológicas, proporcionando relativo aumento da qualidade e da quantidade de dados disponibilizados sobre os contatos existentes em um cenário marítimo. Esta facilidade de obtenção de dados oriundos de múltiplos sensores proporcionou a discussão na literatura de diversas arquiteturas para a sistematização do processo de fusão de dados e, conseqüentemente, do processo decisório. Conforme [1], o aspecto comum destas arquiteturas consiste na incorporação de níveis de processamento de dados dentro do processo de fusão, visando a apoiar o processo de decisão quanto à associação de informações redundantes e à classificação dos contatos. No cenário naval, a resultante deste processo de organização dos dados é usualmente denominada “compilação do quadro tático marítimo” independentemente do modelo adotado para sua consecução. O objetivo deste trabalho é descrever uma proposta de implementação de arquitetura híbrida, baseado no estudo de [1], para o processo de fusão e integração dos dados provenientes de múltiplos sensores de uma classe de navios da Marinha do Brasil (MB) em um cenário com múltiplos contatos. A fusão e integração dos dados visam a otimizar o processamento dos dados para a visualização do cenário, minimizando os dados redundantes, mantendo o rastreamento e subsidiando a classificação das plataformas no ambiente marítimo sem a necessidade da interferência humana no processo. A contribuição deste estudo consiste na

modificação do modelo de [1] e na definição das relações de dependência existentes em cada etapa do processo.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 serão apresentadas as características da compilação do quadro marítimo; na seção 3 será realizada uma revisão das arquiteturas propostas na literatura para a fusão de dados; na seção 4 será apresentada a proposta modificada da arquitetura híbrida; na seção 5, o processo de fusão de dados será apresentado junto com a ilustração da aplicação de algoritmo “fuzzy”; e na seção 6 serão apresentadas as conclusões pertinentes.

## II. CARACTERÍSTICAS DA COMPILAÇÃO DO QUADRO MARÍTIMO

Nas operações navais, a identificação antecipada das forças hostis e das possíveis ameaças impostas é decisiva para a avaliação da situação tática e estratégica de uma Força Naval. O processo decisório, neste contexto, é uma atividade complexa e influenciada pela incerteza da detecção, do acompanhamento e identificação dos contatos existentes no cenário marítimo. Conforme a complexidade e incerteza aumentam devido à presença de múltiplos contatos, o emprego de um sistema de apoio à decisão é cada vez mais necessário, visando a minimizar o impacto das limitações humanas.

A obtenção de informações dos sensores e equipamentos sobre a presença (detecção) de um objeto (contato) é a base de todo o processo. A detecção é resultante de uma transferência da energia do objeto até um observador dotado de um sensor adequado. Um sensor é chamado “passivo” se apenas recebe energia emanada do contato, ou “ativo” se emite e recebe energia. A detecção de um contato é obtida quando existe um sensor, uma regra de decisão e um objeto cuja indicação satisfaça a esta regra que, em geral, é aplicada por um observador inteligente, também chamado de operador do sensor. A decisão quanto à utilização de determinado sensor ativo depende da análise da situação e do exame das ameaças no cenário.

A Fig. 1 apresenta o processo de compilar o quadro marítimo representado por meio de cinco procedimentos básicos, conforme [2]: coleta de dados, filtragem, apresentação do cenário, avaliação de contatos e disseminação das informações do contato.

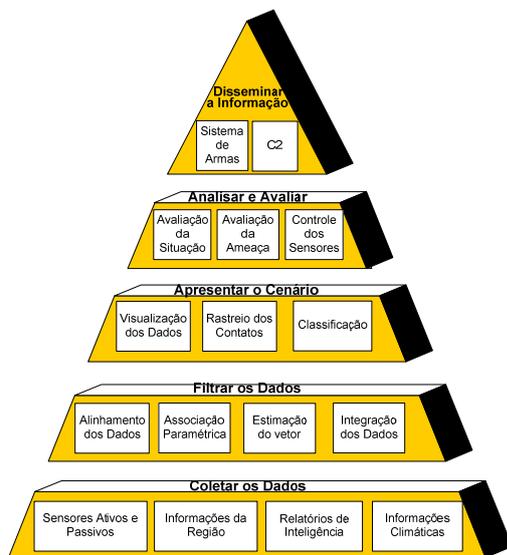


Fig. 1 - Etapas da Ação de Compilar

O procedimento de coleta de dados é constituído pelas informações dos sensores e equipamentos, pelos relatórios prévios de inteligência que são essenciais para a confecção de bibliotecas de missão relacionadas com as possíveis ameaças no cenário, pelas informações da região, bem como as informações climáticas, que constituem aspectos fundamentais para a visualização do cenário e para o controle e estimação dos desempenhos dos sensores na etapa de decisão. Atualmente, os navios de guerra estão providos de diversos equipamentos, sensores e recursos associados tais como: radares que provêm distância, rumo, velocidade, ângulo de azimute e de elevação; *Automatic Identification System* (AIS) - *Global Positioning System* (GPS) que provêm informações táticas do contato como posição, rumo e velocidade do contato; enlace automático de dados (*link*); *Identification Friend or Foe* (IFF); sonar; equipamentos de Guerra Eletrônica (GE); e informações de imagens oriundas de fontes eletro-ópticas, infravermelho e satélites.

Conforme [3], o procedimento de filtragem dos dados consiste em um processo decisório para a construção do quadro marítimo, no qual se decide quanto à redundância e a importância dos dados existentes em cada camada de sensor, permitindo que se decida pelo seu uso ou descarte ou integração com outros dados. Esta etapa envolve o alinhamento dos dados que consiste na transformação dos dados recebidos dos sensores numa referência temporal e espacial comum; a associação paramétrica dos dados que correlacionam as observações dos múltiplos sensores; a estimação do vetor de estado que define a unificação da posição do contato de acordo com uma regra de decisão definida; e a integração dos dados que permite a interação complementar e cooperativa das informações dos sensores.

O procedimento de apresentação de cenários é fundamental no auxílio à decisão, pois permite visualizar as informações filtradas de forma clara, acompanhar o rastro dos contatos processados e observar as classificações disponíveis dos contatos. As informações provenientes da detecção de um contato por meio de um único sensor, geralmente são insuficientes para prover um quadro marítimo completo que apresente o posicionamento e classificação das unidades amigas, neutras e inimigas, plano de missão e informações de ambiente de fontes táticas e de inteligência. Atualmente na MB, esta visualização pode ser obtida por meio de recursos

como o *Ship Navigation and Plotting System* – SNAPS das Fragatas Classe ‘Greenhalgh’, Consoles Táticos (CONSTAT – vinculados ao Sistema de Controle Tático MK II) das Fragatas Classe ‘Niterói’ Modernizadas, Terminal Tático Inteligente – TTI 2900, Sistema de Apoio Tático Simplificado (SIATS), Sistema de Análise de Exercícios Táticos da Esquadra (SAETE) e Sistema de Análise Gráfica (SAG).

O procedimento de análise e avaliação do cenário requer o exame da situação para observação dos contatos com classificação desconhecida ou hostil e o exame das ameaças de modo a subsidiar o controle dos sensores, prontidão do armamento, prioridade de esclarecimento aéreo e reclassificação dos contatos apresentados. Consiste em outro processo decisório e que ainda depende muito do processamento intelectual e na experiência do ser humano. Esta avaliação passa a ser crítica em ambientes marítimos de tráfego denso haja vista que os sistemas de visualização supracitados carecem de métodos quantitativos, baseados nas heurísticas utilizadas pelos operadores mais experientes, que traduzam as informações coletadas e filtradas, nos procedimentos anteriores, conjugadas com as Regras de Comportamento Operativo (REC) de modo a subsidiar a avaliação, e, conseqüentemente, apoiar a decisão de classificação.

O procedimento de disseminação das informações do contato depende do estabelecimento de comunicações confiáveis e varia conforme o nível tático, operacional e estratégico. Uma vez cumpridos os procedimentos anteriores, torna-se necessário divulgar, para as outras unidades que compõem o grupamento operativo ou para o Comando Operacional, a avaliação obtida dos contatos traduzida pela classificação e priorização para esclarecimento. Esta disseminação da informação pode ser traduzida como um processo decisório que resultará na utilização ou não do armamento embarcado no nível tático ou em subsídios para o Comando e Controle (C2).

Em resumo, o processo de compilação do quadro tático e operacional de uma força naval visa a sistematizar os procedimentos necessários para a construção, a compreensão e a análise do cenário a partir das informações disponibilizadas, com o intuito de aperfeiçoar o processo decisório.

### III. REVISÃO DA LITERATURA

A maioria das metodologias criadas para reger um processo decisório formal visa à obtenção de uma decisão otimizada em relação ao conhecimento disponível, consistente com os objetivos e critérios adotados. Conforme revisão efetuada por [1], na década de 80 foram apresentadas as seguintes arquiteturas: o ciclo de inteligência, o modelo *Joint Directors of Laboratories* (JDL), e o ciclo de controle de BOYD, também denominado de ciclo OODA – Observar, Orientar, Decidir e Atuar. Na década de 90 foram propostos o modelo de *Waterfall*, o modelo Dasarathy, o modelo de Omnibus e o ciclo OODA estendido, descritos a seguir:

a) **O ciclo de inteligência:** este processo compreende quatro fases: coleta, filtragem, avaliação e disseminação. Na fase de coleta são obtidos os relatórios de inteligência na forma de dados brutos dos sensores ou descrição humana. Na fase de filtragem, há um processo decisório a fim de definir o grau de correlação entre os relatórios de inteligência coletados. Na

fase de avaliação, ocorre outro processo decisório no qual os relatórios filtrados são analisados e integrados de modo a obter alguma inferência que possibilite a classificação. Na fase de disseminação, a informação de classificação gerada é distribuída de modo que se possa efetuar a decisão requerida de esclarecer, engajar ou apenas manter o acompanhamento do contato. Percebe-se que as etapas deste modelo são similares às etapas do processo de compilação do quadro tático.

b) **O modelo JDL:** este modelo foi proposto em 1985 pelo “US Joint Directors of Laboratories Data Fusion Sub-Group”. O processo consiste de cinco níveis. No nível 0, as atividades de pré-deteção como processamento de sinais, registro espacial e temporal são realizadas. No nível 1, o interesse reside na estimativa e predição da localização do contato, comportamento e identidade. O nível 2 investiga a relação entre as entidades como a estrutura da força e atividades de comunicação. O nível 3 efetua o delineamento de um conjunto de possíveis ações potenciais e os efeitos na situação corrente. O nível 4 é um elemento do gerenciamento do processo utilizado para decidir sobre as ações subsequentes visando a alcançar o objetivo da missão.

c) **O ciclo de controle de Boyd:** o ciclo OODA é dividido em quatro fases. A fase de observação é comparável ao nível 0 do modelo JDL e parte da fase de coleta do ciclo de inteligência. A fase de orientação inclui as funções do nível 1, 2 e 3 do modelo JDL. Também inclui os elementos estruturados das fases de coleta e filtragem do ciclo de inteligência. A fase de decisão inclui a função do nível 4 do modelo JDL e a atividade de disseminação do ciclo de inteligência. A fase de atuação do ciclo OODA não possui uma analogia direta com o modelo JDL. O ciclo de Boyd é o único modelo que explicitamente fecha o ciclo realimentando com os efeitos da decisão no mundo real.

d) **O modelo Waterfall:** o principal foco do modelo *Waterfall* são as funções de processamento nos níveis baixos. O nível de processamento de sinais corresponde ao nível 0 do modelo JDL. O nível de processamento de padrões corresponde ao nível 1 do modelo JDL. O nível de descrição da situação corresponde ao nível 2 do modelo JDL. O nível de decisão corresponde ao nível 3 do modelo JDL.

e) **O modelo de Dasarathy:** este modelo é baseado em funções de fusão a despeito das tarefas e por isso pode ser incorporado em cada atividade de fusão. Muitos pesquisadores têm identificado os três principais níveis de abstração durante o processo de fusão de dados como decisão (símbolos ou crenças em valores), características (informações de nível intermediário), e dados (mais especificamente dados de sensores).

f) **O modelo Omnibus:** este modelo supera algumas das limitações e capitaliza as vantagens do modelo anterior. No modelo Omnibus, a realimentação é explícita e o conceito de ciclo dentro de ciclo é reconhecido. A natureza cíclica do processo de fusão de dados é feita explícita guardando a estrutura geral do ciclo de Boyd. A fidelidade da representação expressada pelo modelo *Waterfall* é então facilmente incorporada em cada uma das quatro atividades do processo.

g) **O modelo OODA estendido:** este modelo provê um mecanismo para processos de fusão de múltiplos dados concorrentes e potencialmente inter-relacionados. O processo é decomposto em um conjunto de N funções de alto nível. Estas funções são examinadas em termos das fases de

observação, orientação, decisão e atuação que constituem o modelo OODA. Cada função pode ser posteriormente decomposta e avaliada com respeito a cada fase OODA. O modelo OODA estendido é consistente com o modelo OODA em alto nível haja vista que fecha o ciclo entre o processo de decisão e o ambiente de incerteza. Este modelo também é consistente com o elevado grau de abstração no processo de informação em cada nível do modelo JDL. Este modelo prove a capacidade de ciclo dentro de ciclo do modelo Omnibus.

Em 2002, [1] propôs a arquitetura híbrida para o acompanhamento de contatos na vigilância marítima, baseado na combinação da vantagem da ordenação dos dados apresentados no modelo JDL, na etapa de “atuar” definida pelo ciclo OODA, no ciclo dentro de ciclo do modelo omnibus, e finalmente na decomposição em N níveis do ciclo OODA estendido (Fig.2).

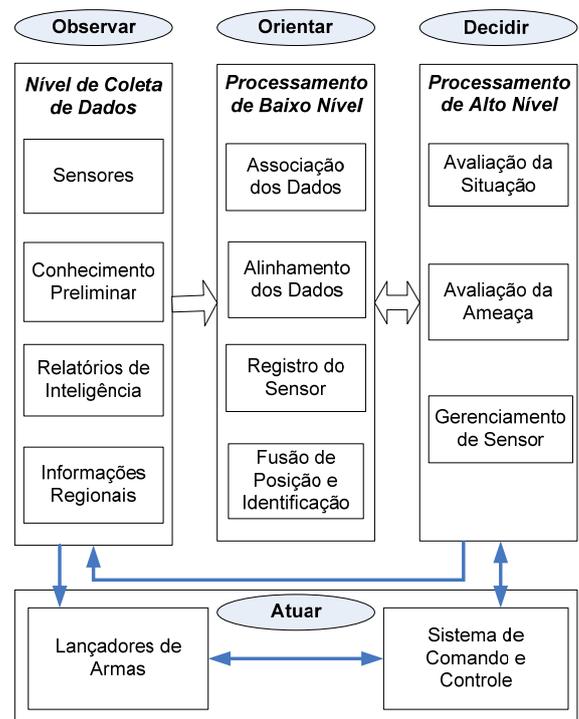


Fig. 2 – Arquitetura Proposta por [1]

Neste trabalho, esta última arquitetura será modificada a fim de atender às especificidades de implementação que serão apresentadas na próxima seção.

#### IV. ARQUITETURA HÍBRIDA MODIFICADA

A arquitetura híbrida modificada será baseada no estudo de [1], para o processo de fusão e integração dos dados provenientes de múltiplos sensores de uma classe de navios da Marinha do Brasil (MB) em um cenário com múltiplos contatos. Para isso, adaptou-se a pirâmide apresentada no processo de compilação do quadro tático marítimo ao modelo híbrido proposto por [1], conforme a Fig.3. Assim, puderam ser mantidas as mesmas relações observadas e enraizadas da metodologia de compilação do quadro marítimo considerando os aspectos intrínsecos ao processo. A etapa de coleta de dados da pirâmide corresponde à fase de observação do modelo. A etapa de filtragem dos dados corresponde à fase de orientação. As etapas de apresentação do cenário e avaliação correspondem à fase de decisão do modelo e a

etapa de disseminação da informação corresponde à fase de atuação.

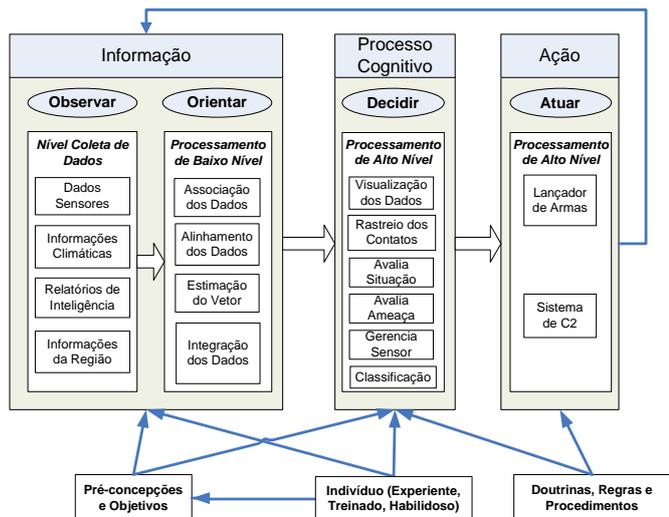


Fig. 3 – Arquitetura Modificada

A contribuição do modelo apresentado consiste na identificação de aspectos cognitivos desde a fase de observação até a fase de atuação do ciclo. Os aspectos cognitivos dependem da conjunção de doutrinas, regras e procedimentos aplicáveis aos sistemas existentes; das experiências, treinamentos e habilidades que constituem os valores individuais dos operadores dos sensores e dos próprios decisores em determinado cenário; e os critérios e objetivos considerados na definição de determinada missão. Observa-se que a fase de observação é uma etapa importante para o processo decisório, pois provê a informação, a partir dos dados obtidos pelos sensores ativos e passivos empregados, para as demais fases do ciclo. Contudo, a decisão quanto ao modo de utilização dos sensores ativos por uma Força Naval depende da missão e poderá definir o sucesso ou fracasso de uma operação naval. A partir do modelo modificado foi possível a construção de um grafo (Fig.4) mostrando as dependências das problemáticas existentes em cada fase, dentro do ambiente de incerteza e considerando os aspectos cognitivos envolvidos, a fim de facilitar a implementação do modelo.

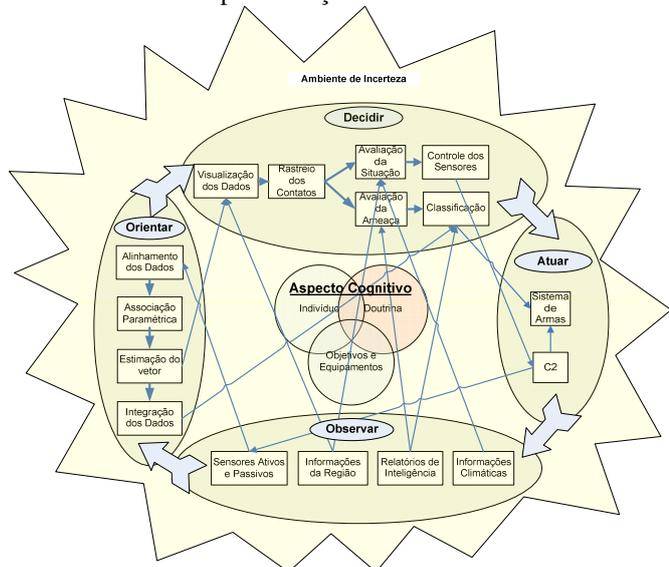


Fig. 4 – Grafo de Dependência

Pode-se concluir que a complexidade para a implementação do modelo apresentado consiste na identificação, adequação, sistematização e otimização dos aspectos cognitivos de cada fase. A fusão de dados é um processo que permite consolidar tais aspectos através de determinadas técnicas de inferência facilitando o processo de decisão e a construção de um quadro tático confiável.

A relevância do modelo consiste em construir um cenário que possibilite a visualização de todos os dados dos contatos disponibilizados pelos sensores em uma única camada.

### V. PROCESSO DE FUSÃO DE DADOS

Ref. [4] definiu fusão de dados como: “um processo contínuo que lida com a associação, correlação e combinação de dados e informações provenientes de múltiplos sensores para obtenção estimada e refinada da posição e identidade. Além disso, obtém-se uma avaliação completa e em tempo da situação e das ameaças.”.

A Fig. 5 apresenta genericamente um sistema de fusão de dados. As linhas tracejadas representam as influências do sistema em cada um dos nós, onde são realizados os processos de fusão. O sistema de fusão é formado pelos processos de “registro”, “alinhamento dos dados”, “associação paramétrica” e “estimação do vetor de estado”.

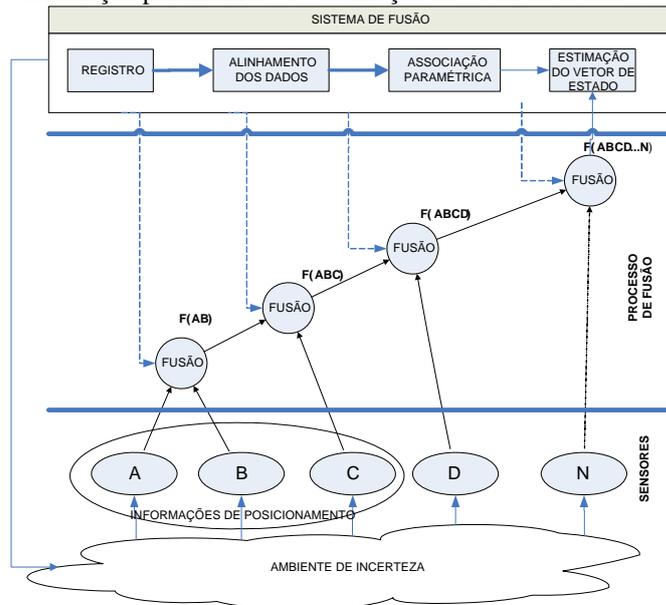


Fig. 5 - Representação Genérica de um Sistema de Fusão e Integração de Dados

O “registro” ou banco de dados associado permite que o sistema guarde a informação do contato previamente adquirida por determinado sensor, possibilitando que o processo utilize esta informação.

As informações dos sensores geralmente estão defasadas no espaço e no tempo haja vista que possuem diferentes taxas de dados. Como os sensores podem ser de diferentes tipos, as informações nem sempre estão no formato adequado para o algoritmo de fusão. Os dados de distância e azimute de um determinado contato provenientes de um RADAR são pré-processados para coordenadas de posição do contato numa grade tendo como referência a posição da plataforma naquele instante.

O processo de alinhamento dos dados torna-se necessário para orientar as informações dos sensores para uma referência temporal comum, ou seja, para instantes iguais no

tempo. Este procedimento permite uma comparação direta dos dados de cada sensor para o processo de associação no espaço. A resolução de cada sensor deve ser levada em consideração durante o processo de associação paramétrica. A referência espacial no algoritmo de fusão depende da conversão dos dados de posicionamento para um sistema de coordenadas comum. Em sistemas de tempo quase real, os dados são referenciados em relação ao sensor que estiver obtendo a informação mais recente.

A associação paramétrica consiste em verificar se os dados de posição de um contato obtidos por um sensor são compatíveis com a observação de posição obtida por outros sensores. Ocorre, portanto, a seleção dos contatos candidatos à fusão. Esta associação é obtida definindo medidas de similaridade que quantifica a proximidade dos contatos obtidos por diferentes sensores.

Depois de efetuada a associação paramétrica dos contatos e observada a necessidade de fusão dos atributos dos contatos, torna-se necessário aplicar as técnicas de estimação para a fusão dos dados. As técnicas de estimação irão determinar o vetor de estado que melhor defina a posição e identidade do contato observado. Na literatura, existem diversas técnicas de estimação do vetor de posição final do contato como determinação do valor da média aritmética da posição, valor da média ponderada da posição (pesos aos sensores), etc. A estimação também pode ser realizada utilizando uma abordagem de seleção de acompanhamento na qual o sensor com a menor elipse de incerteza é escolhido para acompanhar o contato ou o sensor com a taxa de dados mais adequada quando as incertezas envolvidas não afetarem o desempenho do armamento. A vantagem desta abordagem de estimação é de que nenhuma composição ou fusão estimada é realizada, reduzindo o tempo de processamento. A ilustração apresentada nesta seção utiliza a abordagem de seleção do sensor com a taxa de dados mais adequada como técnica de estimação haja vista que os dados daquele sensor não comprometem o desempenho do armamento.

#### A – Ilustração

Como ilustração será aplicado o algoritmo, proposto por [5], baseado em lógica *fuzzy* para fusão de dados reais de acompanhamento de um contato acompanhado por dois sensores - RADAR de Direção de Tiro (RDT) e do Extrator de informações do RADAR de superfície de uma Fragata da classe “Niterói”- gravados em 08OUT04.

O processo associativo *fuzzy* para fusão de dados de acompanhamento redundantes é apresentado na Fig. 6. Dados atribuídos a um contato na forma de latitude, longitude, rumo e velocidade de um sensor são comparados com os dados atribuídos de um outro sensor para formar uma medida de similaridade. Uma vez que todos os dados atribuídos para os pares de acompanhamento tiveram valores de pertinência assinalados ( $\mu_{LAT}$ ,  $\mu_{LONG}$ ,  $\mu_{RUMO}$ ,  $\mu_{VELOC}$ ), eles, então, são verificados em relação ao valor limiar (*threshold*) para aquele atributo. Este *threshold* ( $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ,  $\mu_4$ ) é selecionado pelo operador ou determinado pela conhecida resolução dos sensores. Se todos os valores de pertinência assinalados não excederem o *threshold*, a associação para aquele par de acompanhamentos falha e verificações posteriores são interrompidas. Caso contrário, a associação é realizada, indicada por uma saída binária “1” do “defuzzificador”, e os dois acompanhamentos do contato são submetidos para uma

técnica de estimação para serem um único acompanhamento no console do operador.

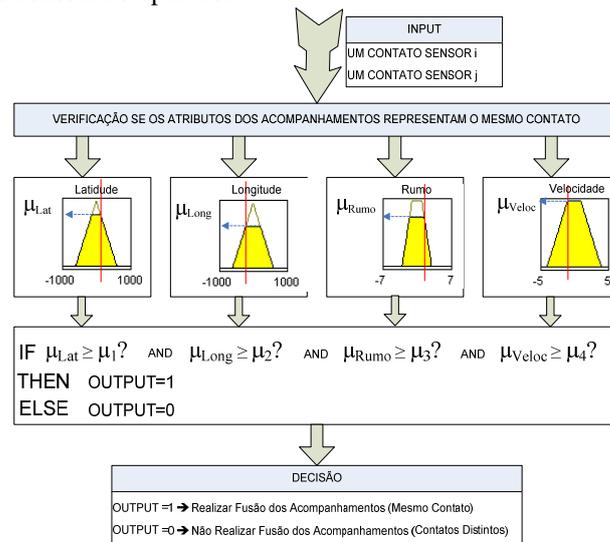


Fig. 6 – Processo de Fusão *Fuzzy*

A definição da janela de observação dos dados foi baseada na menor taxa dentre os sensores, ou seja, a taxa do extrator. O pré-processamento dos dados foi obtido com o alinhamento (interpolação) no tempo dos dados do RDT em relação ao tempo dos dados do extrator. As Fig. 7 e 8 ilustram os dados brutos provenientes dos sensores e a visualização dos dados pré-processados, respectivamente.

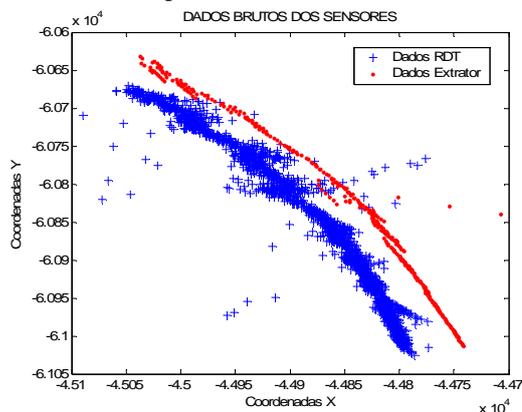


Fig. 7 – Dados Brutos dos Sensores

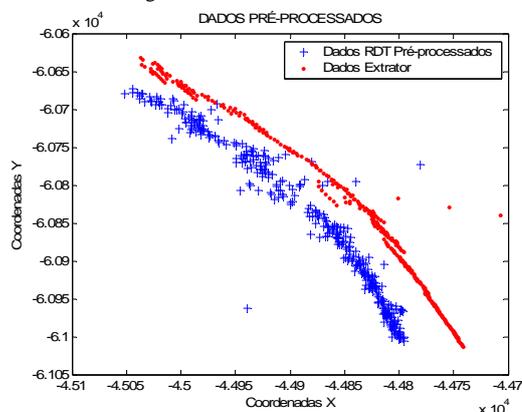


Fig. 8 – Dados RDT Pré-processados

Não houve necessidade de seleção dos dados candidatos à fusão, haja vista que ambos os sensores tinham apenas um acompanhamento no momento da gravação. A seleção do sensor ótimo para a técnica de estimação foi direcionada para

o sensor com a taxa de dados mais adequada, haja vista que não há comprometimento com o desempenho do armamento. A decisão quanto à fusão utilizou o mesmo processo de fusão *fuzzy* ilustrado na Fig. 6. Conforme pode ser observado na Fig. 9, que apresenta o resultado final do processo de fusão dos dados, há uma melhora significativa na visualização das informações do contato em relação às apresentações das Fig. 7 e 8.

A simples mudança do desenho representativo do acompanhamento na Fig. 9 possibilita inferir que o referido contato está sendo acompanhado por ambos os sensores analisados. Há, portanto, um incremento de confiança na validade da informação extraída, uma vez que o processo de fusão identificou as informações competitivas de um mesmo contato fornecidas pelos sensores. Observa-se, também, uma interrupção no processo de fusão indicada pelos pontos em verde na Fig. 9, sinalizando que, possivelmente, ocorreu a perda de acompanhamento por um dos sensores. Esta última inferência não poderia ter sido realizada analisando os dados individualmente.

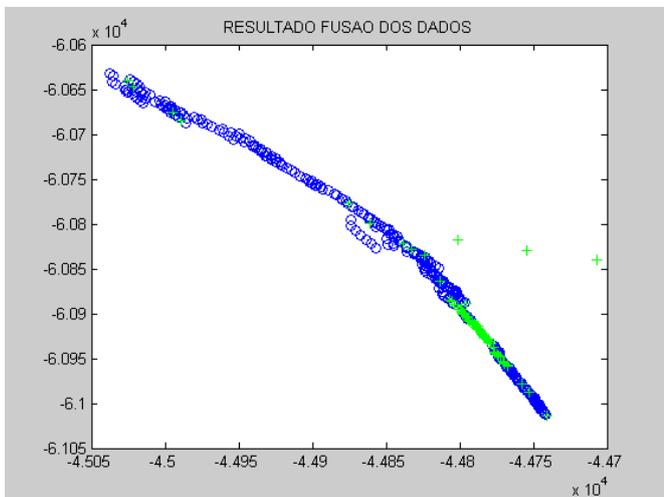


Fig. 9 – Resultado do Processo de Fusão de Dados

Em resumo, em uma primeira etapa a fusão de dados visa a associar as informações provenientes de múltiplos sensores, minimizando o número de acompanhamentos de contatos redundantes a ser visualizado pelo operador. Posteriormente, permite realizar inferências que seriam impossíveis analisando as camadas de informações de cada sensor isoladamente. No processo de fusão, os dados dos sensores são enviados para o centro de fusão para associação e estimação. Por meio do alinhamento dos dados dos sensores e associação paramétrica utilizando medidas de similaridade e comparações, a fusão é efetuada ou não para prover uma estimativa do vetor de estado do contato.

## VI. CONCLUSÕES

A proposta de arquitetura híbrida modificada considerando os aspectos cognitivos proporcionou melhor entendimento dos processos de decisão envolvidos na construção do quadro tático marítimo. Observou-se que a complexidade para a implementação do modelo apresentado consiste na identificação, adequação, sistematização e otimização dos aspectos cognitivos de cada fase. A relevância do modelo para a MB consiste na possibilidade de construção de um cenário marítimo que possibilite a visualização de todos os

dados dos contatos disponibilizados pelos sensores em uma única camada.

Os benefícios operacionais obtidos na ilustração apresentada com a fusão de dados, no contexto do processo de apoio à decisão, foram significativos. Os resultados alcançados com a aplicação do algoritmo possibilitaram minimizar a redundância de informações de acompanhamento de um mesmo contato e otimizar o processamento dos dados, possibilitando uma melhor apresentação do cenário para o operador. Houve um incremento de confiança na validade da informação extraída, haja vista que o processo de fusão identificou as informações redundantes de um mesmo contato obtidas pelos sensores. A falha no processo de fusão permitiu inferir quanto a possível perda de acompanhamento por um dos sensores nos instantes observados. Tal inferência não seria factível analisando os dados individualmente.

Como expectativa de trabalhos futuros, sugere-se a utilização do modelo proposto em um estudo de caso mais abrangente considerando mais contatos e observando os aspectos cognitivos de identificação das entidades.

## REFERÊNCIAS

- [1] A. Gad e M.Farooq (2002) "Data Fusion Architecture for Maritime Surveillance", ISIF, pp. 448-455.
- [2] C.A. Oliveira and M.C.N. Belderrain, (2007), A Modelo para Apoio à Decisão no Processo de Classificação de Unidades Móveis no Ambiente Marítimo, Anais do IX SIGE – Simpósio de Guerra Eletrônica.
- [3] C.A. Oliveira and M.C.N. Belderrain, (2008), Aplicação de Lógica "Fuzzy" para Fusão de Dados de Acompanhamento de Plataformas no Cenário Marítimo, Anais do XL SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- [4] D.L. Hall e J. Llinas (1997), "An Introduction to Multisensor Data Fusion". Proceedings of the IEEE, 85, 6-23.
- [5] E.S. Anzano, "Fuzzy Clustering Means Algorithm for Track Fusion in U.S. Coast Guard Vessel Traffic Service Systems", Dissertação de mestrado, Naval Postgraduate School, Monterey, Califórnia, 1999.