

Estudo de construção de ontologia militar brasileira para interoperabilidade de sistemas militares de apoio à decisão

Maj Av. Henrique Costa Marques, Prof. Dr. José Maria Parente de Oliveira
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias – São José dos Campos - SP

Resumo - A perda da consciência situacional em campo de batalha é fator preponderante para a derrota, impedindo o decisor de canalizar os esforços na direção correta, bem como na identificação das reais intenções do oponente. A utilização de ontologias em sistemas de comando e controle busca possibilitar a troca de informações de maneira coerente e reduzir a possibilidade de fusão incorreta de informações. A adoção de uma ontologia militar para as Forças Armadas brasileiras poderá contribuir para acelerar a obtenção da interoperabilidade de sistemas de comando e controle, uma das prioridades atuais da área operacional e o objetivo deste trabalho.

Palavras-chaves — Ontologia, Consciência Situacional, interoperabilidade de sistemas C².

I. INTRODUÇÃO

Seja nas aplicações militares de Comando e Controle (C²) seja nas diversas atividades cotidianas, a consciência situacional é fator preponderante para a sobrevivência [3].

A capacidade de compreender a situação tática é fruto de diversas tarefas cognitivas, sendo a cultura do indivíduo fator contribuinte.

Importa que a construção dessa capacidade seja feita pelo próprio indivíduo ou cultura, permitindo comparar, analisar e sintetizar novos conhecimentos agregados durante este processo.

Como fruto desse entendimento, propõe-se uma estrutura ontológica inicial para as Forças Armadas (FA) brasileiras, a fim de apoiar a interoperabilidade de sistemas de C² onde contextos semânticos são utilizados na automação de tarefas de apoio à decisão.

II. SISTEMA MILITAR DE COMANDO E CONTROLE

O Estado-Maior de Defesa (EMD) do Ministério da Defesa do Brasil iniciou em 2001, através da Política para o Sistema Militar de Comando e Controle (SISMC²), a construção de um sistema militar capaz de apoiar as decisões de toda a Estrutura Militar de Defesa, em suas diversas atribuições [2]. Como uma das funcionalidades previstas para esse sistema é a aquisição de uma visão operacional comum, ou seja, consciência situacional no nível operacional, estabelece-se a necessidade de obter uma linguagem comum entre as FA no Maj Av. Henrique Costa Marques, hmarques@ita.br, Tel +55-12-3947-6855 Prof. Dr. José Maria Parente de Oliveira, parente@ita.br, Tel +55-12-3947-6941;

sentido de permitir que as visões táticas possam ser agregadas em um nível operacional sem perda do sentido, no contexto original, das observações e ações em cada ambiente.

Esse tema tem sido abordado na literatura internacional como um problema de *Situation Awareness*, fruto do processo de *Situation Assessment* [3]-[6], onde, em um ambiente complexo, os dados são coletados através de diversos sensores e há diversos processos ocorrendo simultaneamente para que esses dados sejam transformados em informações e conhecimento aplicável e contextualizado em tempo hábil.

Vários trabalhos têm sido realizados na área de *Situation Assessment* fazendo uso de ontologias para suporte à inferência e baseando-se em conjuntos de regras definidas a partir de vocabulários bem estabelecidos no domínio de interesse [1]-[3].

III. ONTOLOGIAS

O termo ontologia, inicialmente proveniente da Filosofia, significa a especificação de uma “conceitualização” [1]. Em Bowman [1] há uma sugestão de definição que interessa a este trabalho: Primeiro, uma ontologia é uma teoria lógica que produz e explicita uma razão parcial de uma conceitualização. Segundo, uma conceitualização é uma estrutura semântica intencional que codifica regras implícitas que restringem um pedaço da realidade.

Uma ontologia fornece um vocabulário para descrever os fatos e os conceitos no domínio do problema, seu significado, os tipos diferentes dos objetos neste domínio, as propriedades de cada objeto e os relacionamentos que existem entre objetos.

Há várias linguagens para a construção de ontologias, podendo-se citar: XOL, RDF(S), SHOE, OML, OIL, DAML+OIL e OWL. XML é utilizada como fundamento de todas essas linguagens. Pela forma, XOL, SHOE e OML carecem de uma semântica precisa, enquanto RDF(S) pode ser caracterizada como uma linguagem de ontologia primitiva [5]-[7]-[9]. A atual recomendação da W3C é a OWL, fruto do desenvolvimento de DAML+OIL [7].

Por sua vez, a OWL possui sublinguagens como OWL Lite, OWL DL e OWL Full. A diferença está na expressividade, sendo a Lite a de menor, com complexidade exponencial para as inferências. OWL Full é a mais expressiva, porém, não há garantia computacional para alcançar o resultado da inferência.

Para este estudo, a construção da ontologia foi feita através da ferramenta Protégé 4.0 [8], utilizando-se a linguagem OWL com expressividade *SROIQ(D)*. Para tanto, utilizou-se o racionalizador *FACT++* [4].

IV. CONSTRUÇÃO DA ONTOLOGIA

A fim de permitir a construção de uma ontologia militar brasileira, são definidos um vocabulário de um domínio, uma estrutura ontológica para definição de cenários táticos ou operacionais (baseados neste vocabulário) e um conjunto de regras para a descrição das ações a serem estabelecidas na doutrina vigente, seguindo o processo proposto por Song [9].

Song descreve a necessidade de se construir uma ontologia de domínio a partir da integração de várias ontologias de subdomínios. A ontologia resultante é então utilizada como parâmetro para a descrição de um cenário com a definição de objetos e relações entre objetos em um determinado momento.

Após esse passo, constrói a base de conhecimento através das regras estipuladas para o nível estabelecido e realiza a inferência sobre o cenário em questão. Todo o processo exige a utilização de especialistas em doutrina militar e no domínio descrito.

Fazendo uso desse processo, apresenta-se a seguir um experimento de construção de uma ontologia para situações táticas no domínio aeroespacial, mais especificamente de um combate aéreo.

V. ESTUDO DE CASO

Um combate aéreo além do alcance visual (BVR) é uma situação tática em que há grande necessidade de se obter vantagem de posição para alcançar êxito, além de possibilitar a sobrevivência das equipes e equipamentos de combate.

Para descrever esse cenário são utilizados conceitos e propriedades do domínio aeroespacial da porção ontológica militar brasileira a ser construída.

A pequena porção está delimitada para este cenário, o que proporciona a especialização de conceitos de acordo com a necessidade dos especialistas.

A ontologia para o domínio dos fundamentos gerais do Espaço de batalha foi chamada de *uri_EspacoBatalha* (URI – *Universal Resource Identification*), com os conceitos: LadoVerde, Lado Amarelo, Plataforma, Sensor, Atirador e Decisor. Possui a propriedade concreta *temHora* cujo range é *dateTime* no modelo *XML Schema*.

A sub-ontologia aérea foi chamada de *uri_AO*, com os conceitos: Aeronave, Missil e Radar. Possui propriedades concretas *temX*, *temY*, *temZ* e *temDirecao*. Essas propriedades tem o seu domínio em *uri_AO#Aeronave* e o range é *decimal* no modelo *XML Schema*.

Possui Propriedades abstratas como *temMissilTipo*, *temRadarTipo*. Essas propriedades facilitam a integração das sub-ontologias, ao se permitir liberdade de construção das classes ao mesmo tempo em que possibilita fazer a relação entre classes das diferentes ontologias. Adicionalmente, foram definidas duas sub-ontologias, *uri_Radar* (Radar) e *uri_MissilAA* (Missil Ar-Ar) para a composição da ontologia de domínio.

Ao realizar-se a integração das sub-ontologias, fez-se a comparação entre classes, determinando quais são

equivalentes e atribuíram-se os valores dos tipos de mísseis e radares para cada plataforma do Espaço de batalha.

O próximo passo da construção é a definição do cenário, com a instanciação dos objetos e definição de suas posições no espaço, bem como os lados a que pertencem no momento inicial.

A Fig. 1. mostra o resultado da integração das sub-ontologias, onde a classe Aeronave é destacada. São criadas instâncias de aeronave de caça como F24 e F25 e aeronave de vigilância como E33.

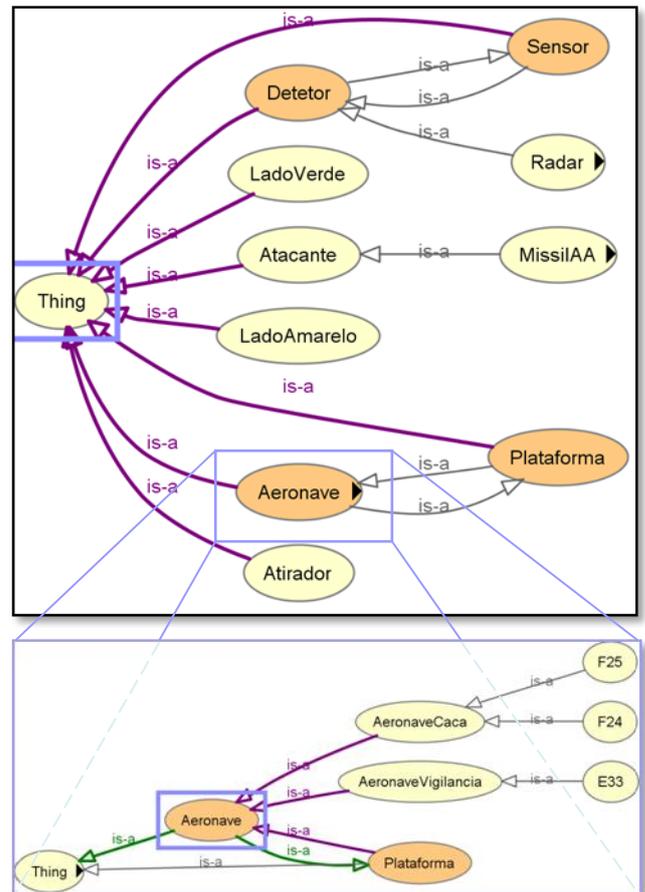


Fig. 1. Ontologia do Combate BVR.

A ontologia de domínio, então construída, foi chamada de Ontologia de Combate BVR - *uri_OCBVR* com a seguinte especificação do cenário inicial, conforme a Fig. 2.:

- URI: *uri_OCBVR*;
- Hora: 06-06-2009T10:03:03Z;
- Dois F24 (*Amarelo01*, *Amarelo02*) do Lado Amarelo;
- Dois F25 (*Verde01*, *Verde02*) e um E33 (*Verde03*) do Lado Verde;
- *Amarelo01* em (-50,98,40), *Amarelo02* em (-52,100,40), *Verde01* em (-30,-90,40), *Verde02* em (-35,-100,40) e *Verde03* em (0,0,100); e
- As aeronaves de caça amarelas voam na direção 200° enquanto que as aeronaves de caça verde voam na direção 345°.

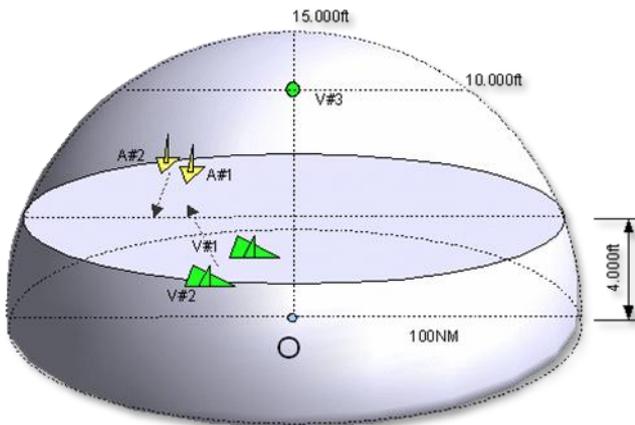


Fig. 2. Disposição inicial do combate BVR.

```

uri_EspacoBatalha#temHora(now, 06-06-2009T10:03:03Z);
uri_EspacoBatalha #LadoAmarelo(Amarelo01);
uri_EspacoBatalha #LadoAmarelo(Amarelo02);
uri_EspacoBatalha #LadoVerde(Verde01);
uri_EspacoBatalha #LadoVerde(Verde02);
uri_EspacoBatalha #LadoVerde(Verde03);
uri_OA#F24(Amarelo01);
uri_OA#F24(Amarelo02);
uri_OA#F25(Verde01);
uri_OA#F25(Verde02);
uri_OA#E33(Verde03);
uri_OA#temDirecao(Amarelo01,200);
uri_OA#temDirecao(Amarelo02,200);
uri_OA#temDirecao(Verde001,345);
uri_OA#temDirecao(Verde002,345);
uri_OA#temDirecao(Verde003,90);
uri_OA#temX(Amarelo01,-50);
uri_OA#temY(Amarelo01,98);
uri_OA#temZ(Amarelo01,40);
uri_OA#temX(Amarelo02,-52);
uri_OA#temY(Amarelo02,100);
uri_OA#temZ(Amarelo02,40);
uri_OA#temX(Verde01,-30);
uri_OA#temY(Verde01,-90);
uri_OA#temZ(Verde01,40);
uri_OA#temX(Verde02,-35);
uri_OA#temY(Verde02,-100);
uri_OA#temZ(Verde02,40);
uri_OA#temX(Verde03,0);
uri_OA#temY(Verde03,0);
uri_OA#temZ(Verde03,100);
    
```

Como último passo na construção do cenário será montada a base de conhecimento para a situação descrita a partir da linguagem de regras para a Web Semântica - SWRL [10].

As regras a serem explicitadas devem ser regras de engajamento de acordo com a doutrina vigente. Pode-se tomar como base uma regra simples como “Se uma aeronave é do lado verde e a outra também é de verde então, caso uma mire na outra não deverá haver um disparo de míssil”. Esta regra pode ser descrita da seguinte maneira:

```

uri_EspacoBatalha#LadoVerde(x) ∧ uri_EspacoBatalha#LadoVerde(y) ∧
miraEm(x,y) → naoDispareMissil(x,y);
    
```

A Fig. 3 mostra a instância de Amarelo01 e a regra gerada na ferramenta Protégé 4.0.

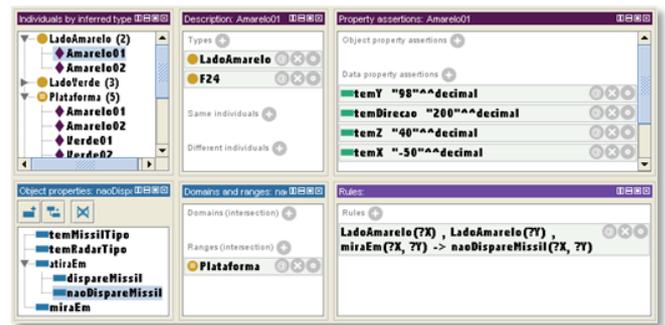


Fig. 3. Instância Amarelo01 na ferramenta Protégé.

A partir da ontologia pronta, será possível gerar uma série de regras que irão auxiliar na obtenção da consciência situacional em nível tático, a ponto de poder servir de auxílio em cenários complexos. Nesses casos, uma ferramenta automatizada poderá indicar situações críticas sujeitas a ocorrer em poucos segundos ou minutos a frente.

Ampliando-se esse cenário para um número maior de classes, objetos e regras nos domínios marítimo e terrestre, será possível discernir possíveis vantagens em batalhas. Com a linguagem comum através da ontologia de domínio, vários sistemas distribuídos poderão fornecer informações capazes de serem compartilhadas, agregando-se métricas que possibilitarão compreender o estado atual da campanha no nível operacional.

VI. TRABALHOS FUTUROS

O estudo atual deverá prosseguir na discriminação dos demais ambientes bem como o aprofundamento de cenários no ambiente aeroespacial. Cada cenário possui um conjunto de regras, o que precisa ser determinado de maneira adequada para que haja reaproveitamento das regras em situações similares.

Também se percebeu a possibilidade de implementação em ambientes multi-agentes para a construção de simulações que possam sugerir a melhoria da doutrina de nível tático.

Ainda no campo da pesquisa, pretende-se gerar um serviço de inferência, em tempo próximo ao real, como sistema de apoio a decisão em cenários onde a representação semântica das informações possam proporcionar vantagem competitiva, como o uso de enlaces de dados com visualização do posicionamento das aeronaves durante um engajamento.

VII. CONCLUSÃO

O presente trabalho é o início de um estudo para a construção de uma ontologia militar para as FA brasileiras. Ontologias são úteis na descrição de domínios e possibilitam a transferência de informações entre sistemas, o que proporciona a reutilização de conceitos bem como facilita a manutenção de um vocabulário de domínio.

Fez-se a aplicação do processo descrito por Song em que um cenário tático no domínio aeroespacial foi detalhado e instanciado na ferramenta de construção de ontologias Protégé. O cenário gerado possui as descrições dos conceitos, relacionamentos entre objetos e definição de regras como base de conhecimento que permite a inferência das informações ali contidas.

A condução da pesquisa procura identificar vocabulários que permitirão descrever o domínio militar do Estado-Maior de Defesa do Brasil, colaborando com a interoperabilidade de sistemas, colaborando para atingir as metas do SISM².

O impacto operacional será o de facilitar a consciência situacional através do compartilhamento da mesma semântica, por diversos sistemas de C², o que produzirá sinergia e redução de riscos de correlação de informações.

REFERÊNCIAS

- [1] Bowman, M., Lopez, A., and Tecuci, G., "Ontology Development for Military Applications", Proceedings of the Thirty-ninth Annual ACM Southeast Conference, Athens, GA, ACM Press: New York, NY, 2001.
- [2] BRASIL. Estado-Maior da Defesa. MD 31-P-01: política para o SISM². Brasília, 2001. 19 p.
- [3] Endsley, M. R., "Theoretical underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review", In M. R. Endsley, & D. J. Garland (Eds), Situation Awareness Analysis and Measurement (pp. 3-32). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- [4] FACT++. Referência, <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/> . Última visita em 20 junho de 2009.
- [5] Ian Horrocks, Peter F. Patel-Schneider, and Frank van Harmelen, "From SHIQ and RDF to OWL: The making of a web ontology language", Journal of Web Semantics, 2003, 1(1), pp. 7-26.
- [6] James Llinas, Christopher Bowman, Galina Rogova, and Alan Steinberg. "Revisiting the JDL data fusion model II". In Proceedings of the Seventh International Conference on Information Fusion, Stockholm, Sweden, pages 1218–1230, June 2004.
- [7] Mike Dean and Guus Schreiber, OWL Web Ontology Language Referência, <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>. Última visita em 20 junho de 2009.
- [8] Protégé. Referência, <http://protege.stanford.edu/>. Última visita em 20 junho de 2009.
- [9] Song Jun-feng, Zhang Wei-ming, Xiao Wei-dong, Xu Zhen-ning, "Study on Construction and Integration of Military Domain Ontology, Situation Ontology and Military Rule Ontology for Network Centric Warfare," e-Technology, e-Commerce, and e-Services, IEEE International Conference on, pp. 368-373, 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE'05), 2005.
- [10] SWRL, Semantic Web Rule Language. Referência, <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>. Última visita em 20 junho de 2009.