

Fusão sobre Inteligência de Imagens baseada em Ontologias

Tiago Josué Diedrich, Henrique Costa Marques, José Maria Parente de Oliveira.

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) – Avenida Marechal Eduardo Gomes, S/Nº – DCTA – São José dos Campos – SP.

Resumo – Para militares especializados em reconhecimento fotográfico, encontrar imagens previamente catalogadas, adequadas para uma finalidade específica, como a confecção de um Relatório de Reconhecimento, está cada vez mais complexo. Os avanços ocorridos através da tecnologia de sensores e a capacitação de armazenar informações, por meio de banco de dados, exigem recursos desenvolvidos para tratar dos elementos de inteligência. Infelizmente, as ferramentas e métodos de busca ainda são limitados, devido a uma organização semântica e estrutural restrita, tipo busca por palavra chave, não permitindo encontrar, muitas vezes, a imagem de inteligência desejada. Portanto, são necessários meios para realizar uma estruturação adequada, como forma de possibilitar uma busca automatizada e qualificada. Assim, com base na Web Semântica, que possui padrões emergentes para estruturar informações, neste artigo é explorado o conceito de ontologias, para promover a fusão de dados baseada em imagens, sobre o domínio de interesse que representa situações de aeronaves de caça.

Palavras-Chave – Ontologias, Anotações, Imagens.

I. INTRODUÇÃO

A anotação de imagens sem uma padronização leva a uma dificuldade de realizarmos buscas contextuais em uma base de dados de imagem heterogênea. Para que seja possível melhorar a indexação dos termos utilizados para a anotação, estamos propondo o uso de um *framework* baseado em ontologias, para que sejamos capazes de obter respostas a partir de perguntas complexas a uma base de imagens anotadas. Assim, a utilização da abordagem permitirá que informações não declaradas nas cenas sejam identificadas devido à construção do conhecimento sobre o contexto do domínio representado por estas imagens, viabilizando a construção de inteligência a partir de cenas agrupadas por contexto.

Atualmente, observa-se uma grande quantidade de pesquisas e trabalhos que destacam o uso de ontologias para organizar informações e melhorar a aplicação de conhecimentos a respeito de um contexto específico. Em Ciência da Computação uma ontologia é um modelo de dados que representa um conjunto de conceitos dentro de um domínio e os relaciona. Ela também tem a capacidade de organizar o conhecimento sobre os objetos do domínio, podendo ser bastante aproveitada em Inteligência Artificial, Web Semântica, Engenharia de *Software* e Arquitetura da Informação [1].

Assim, no trabalho de [2] foi explorado o uso de conhecimento contido em ontologias para indexar e procurar coleções fotográficas, com o objetivo de desenvolver uma estratégia de anotação, bem como uma ferramenta para ajudar a inserir comentários diretamente nas cenas, de modo a buscar imagens específicas.

Portanto, neste trabalho aborda-se o emprego de ontologias no processo de anotações de imagens. Para contextualizar o domínio da ontologia, o conhecimento está

voltado para aeronaves de caça e situações em que elas se encontram, bem como os locais observados na imagem, os exercícios militares identificados, países aos quais as aeronaves pertencem, configurações de armamentos e sensores, as Ações que a Força Aérea pode desempenhar, entre outros.

Essas informações foram organizadas em um banco de dados de imagens, construído com a finalidade de correlacionar informações entre as cenas e validar o método, permitindo que buscas por informações retornassem respostas de maneira rápida, precisa e organizada, através da correlação das anotações contidas nas cenas [3].

Para formalizar o conceito semântico das cenas, foi empregado o *software* Protégé, uma ferramenta para construção de ontologias.

É importante ressaltar que existem poucos trabalhos publicados, quando a ontologia é voltada para imagens, mas atualmente observa-se uma grande quantidade de pesquisas e estudos que destacam interesse nessa área [2].

Com base nestas informações, é visto que muitas vezes sucedem problemas que não possuem solução de busca, como é o caso de consultas mais complexas, ocorrendo em grandes empresas, setores governamentais e também em departamentos e instalações militares de diversos países.

Isso acontece, também, nas Forças Armadas, em especial, nos Esquadrões de Reconhecimento, os quais têm em seu poder Estações de Planejamento que incorporam Banco de Inteligência de Imagens. Nesse aspecto, observa-se uma aplicação importante. As cenas, adquiridas por meio de sensores aerotransportados, por exemplo, apresentam elementos essenciais, que após serem analisados por pessoal capacitado, adquirem uma ampliação sintático-semântica daquilo que é observado na imagem. Embora o trabalho dos técnicos seja limitado à interpretação/descrição das cenas (situações, alvos militares, atividades e ações) e inserção de anotações para serem utilizadas em momento futuro, não existe um padrão de busca ou correlação que possa inferir conceitos de maneira mais complexa, para agregar semântica sobre variadas cenas ao mesmo tempo.

Assim, por meio do uso de ontologias, é possível gerar inferências e descrever situações que não são observadas quando a consulta é feita meramente visual. A questão ontológica adiciona, ainda, informações de inteligência para acrescentar novas deduções, propiciando uma melhoria na tomada de decisão e, conseqüentemente, mais propriedade nas determinações a serem adotadas pelo Alto Comando.

Para tanto, este artigo contará com seis seções, sendo a primeira esta introdução, a segunda uma revisão sobre os fundamentos de ontologias e aplicações na área de imagens, a terceira a metodologia adotada, a quarta os materiais e método utilizado, a quinta os procedimentos seguidos e os resultados obtidos e, por fim, na sexta seção serão abordadas as conclusões e recomendações.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ontologia é uma terminologia emprestada da filosofia, que cita a ciência de dissertar os variados tipos de entidades e como eles estão relacionados. Elas são empregadas para determinar certa informação sobre um específico domínio de interesse, apresentando, também, as afinidades existentes sobre os conceitos relacionais [4] [5].

Observa-se que as ontologias estão presentes em várias áreas: filosofia, ciência da computação, engenharia, medicina, bioinformática, defesa, segurança, etc. Para todas estas, as ontologias têm uma função importante de disponibilizar métodos de classificação [6].

Elas também permitem que os usuários escrevam conceituações formais explícitos, mas para isso são necessários alguns requisitos, tais como: uma sintaxe bem definida, um suporte de inferência eficiente, uma semântica formal e uma expressividade condizente [7].

De acordo com Tom Gruber (1995) o conceito de ontologia é definido como sendo uma especificação que explicita uma conceitualização. Para complementar esta ideia, Guarino (1998) expande a definição, afirmando que uma ontologia é um sistema conceitual caracterizado por propriedades lógicas, que especifica um compromisso ontológico e que é sinônimo do termo conceitualização [8].

Logo, observa-se que as ontologias podem ser representadas de diversas formas. Uma delas refere-se à *Web Ontology Language* (OWL), uma linguagem que foi desenvolvida e recomendada pela *World Wide Web Consortium* (W3C) para representar ontologias na Web Semântica. A OWL provê uma modelagem que pode ser empregada para representar as classes, bem como as relações entre elas, suas propriedades e indivíduos [2] [9].

A OWL ainda é vista como uma representação de estruturas com conceitos, relações entre os conceitos e restrições na interpretação destes. Também é capaz de definir classes de restrição sobre os valores das propriedades [6].

Para tanto, as classes podem ser vistas como um conjunto de elementos que anunciam os indivíduos do domínio do discurso, podendo ser declaradas ou não. No entanto, observa-se que as classes não declaradas são inferidas a partir da *Web Ontology Language - Description Logic* (OWL-DL) [10].

Por Lógica Descritiva (*Description Logic* - DL) entende-se como sendo um aglomerado de construtores que aceitam a organização complexa de conceitos e papéis, por meio de itens atômicos. Assim, os conceitos (*class*) são definidos como um conjunto de objetos, e os papéis (*role*), são definidos como relações binárias sobre os objetos [11].

A DL também tem como premissa representar o conhecimento através de um domínio, utilizando-se, para isso, de uma estrutura formal. Ela é definida como um subconjunto da lógica de predicados, por isso aproveita-se de uma base matemática para assegurar que os dados que representam o conhecimento possam ser inferidos de maneira fundamentada e correta. Demonstra, ainda, a natureza deste rigor matemático, limitando certas expressividades para garantir que a complexidade semântica seja respeitada. Dessa maneira ela trabalha com conceitos relacionados ao Mundo Aberto (*Open World Assumption* - OWA) e ao Mundo Fechado (*Closed World Assumption* - CWA) [10].

É importante ressaltar que a praticidade do uso de OWL-DL reflete na competência de definir classes restritas.

Contudo, certas classes podem ser definidas tendo como base valores de restrições informados anteriormente. Isso é inferido por um Mecanismo de Inferência (MI), e pode ser utilizado para diferenciar alguns casos que se aplicam para todos os membros de uma classe ou só para alguns [6].

Além disso, o MI tem várias funções, entre elas: ver se a estrutura hierárquica do domínio do conhecimento está coerente, verificar se as relações entre as classes estão corretas, inferir novos conhecimentos, realizar outras inferências e classificar, automaticamente, as instâncias.

III. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o presente estudo foi sistematizado da seguinte forma [12]:

1. Foi confeccionado um Banco de Dados, com imagens que apresentavam situações envolvendo aeronaves de caça;
2. As cenas foram anotadas, como forma de conceituar melhor a proposta do trabalho, sendo todas as cenas armazenadas num banco de dados dedicado;
3. Foram elaboradas várias perguntas, direcionadas à modelagem ontológica, como forma de verificar a forma de busca e coerência da inferência;
4. Através das anotações os conceitos foram arranjados em uma tabela, com o objetivo de prover um panorama claro e organizado de como modelar o domínio específico;
5. Foi confeccionado um mapa conceitual, para visualizar a hierarquia de classes e definir as propriedades de relacionamento;
6. Foi utilizado o *software* Protégé, para a construção da ontologia direcionada às anotações predefinidas sobre as imagens das aeronaves;
7. A partir da ontologia gerada foram executadas inferências, para identificar as relações não declaradas ou não observadas, bem como identificar as *tags* das cenas; e
8. Foram elaboradas consultas por meio de SPARQL, como forma de responder as questões iniciais.

IV. MATERIAIS E MÉTODO UTILIZADO

Para gerar os resultados esperados foi necessária a utilização dos seguintes aplicativos computacionais:

iTag – Versão 489

Programa de livre acesso que incorpora metadados em arquivos de fotos como: título, descrição, avaliação, anotações, informações e palavras-chave. Suporta formatos tais como JPEG e TIFF. Ajusta data e hora das fotos e insere coordenadas GPS usando o aplicativo “*Google Earth*”.

Xmp Explorer – Versão 1.3.4545

Programa que serve para visualizar e modificar Adobe XMP metadados incorporados em arquivos de imagem. É um aplicativo gratuito que permite que os metadados XMP sejam visualizados numa estrutura em formato de triplas *Resource Description Framework* (RDF).

CmapTools – Versão 5.05.01

É uma ferramenta para elaborar esquemas conceituais na forma de representação gráfica. Foi utilizado no desenvolvimento do mapa conceitual, como forma de ampliar

a visão entre as relações das classes e propriedades na ontologia. É de livre acesso.

Protégé – Versão 4.2

É um editor de ontologias. Representa uma ferramenta de código aberto e apresenta acesso gratuito. Tem uma variada concepção de recursos e oferece uma interface gráfica abrangente. Através desta plataforma é possível criar e editar ontologias em formato OWL, além de realizar inferências sobre a mesma [4].

V. PROCEDIMENTOS E RESULTADOS

A. Confeção do Banco de Dados

Para dissertar melhor a maneira como o trabalho foi realizado, foi necessária a elaboração de um Banco de Dados de Imagens que apresentasse informações previamente inseridas. Este *Data Set* serviu como suporte para apoiar o padrão de pesquisa frente à geração da modelagem ontológica.

Para confeccioná-lo, foram acessadas cenas aleatórias de aviões de caça na internet. Assim, todos os *frames* foram adquiridos por meio do site “*Google Images*”, como forma de subsidiar a modelagem ontológica. As cenas serviram de base para o processo de estruturação e conceitualização. Na Fig. 1 é possível observar algumas imagens utilizadas.



Fig. 1. Imagens adquiridas da internet.

Para tanto, na Fig. 1 observa-se como exemplo a aeronave A1 (Fig.1e) configurada para realizar uma ação: abastecimento em voo. Ela está equipada com tanque de combustível com capacidade de 580 litros. Está voando sobre Berna, capital da Suíça, e pertencer ao país citado. A foto foi realizada no ano de 2010.

Logo, todas essas informações definem a imagem, mas são inseridas apenas por pessoal capacitado, que retrata as atividades desempenhadas. A semântica é incorporada em formato de metadados, agregando inteligência de conhecimentos, elementos essenciais para um planejamento militar assertivo.

B. Aplicação de Software para Anotação

Com o aplicativo computacional *iTag* foram inseridas várias informações nas imagens, como forma de estruturar a base de dados para validar o processo de anotação.

Após, as informações foram extraídas das imagens por meio do *software Xmp Explorer*. A importância do aplicativo está voltada para a apresentação da estrutura dos conceitos em formato (RDF), uma linguagem base para representar documentos na WEB, que aborda uma questão fundamental, pois gerencia dados distribuídos através do formato: Sujeito/Predicado/Objeto (triplas).

Através disso foi possível identificar a real necessidade da modelagem da ontologia em formato semântico estruturado, como forma de verificar sua utilidade para a geração do arquivo OWL.

C. Elaboração de perguntas

Com as imagens estruturadas em formato RDF, e com o banco de dados definido, a pesquisa voltou-se para a elaboração de perguntas que possibilitassem inferências por meio das anotações existentes nas imagens.

Seguem as questões:

- 1 - Quais são os tipos de configurações e os tipos de aeronaves que estão presentes numa dada imagem?
- 2 - Quais são os tipos de cargas externas que fazem parte das configurações utilizadas por certas aeronaves numa dada imagem?
- 3 - Quais são as imagens que possuem aeronaves com matrículas visíveis? Forneça a numeração de matrícula e informe a qual configuração pertence. Informe também se a aeronave participou de alguma operação militar e em que ano ocorreu a operação.

D. Elaboração de Tabela de Conceitos

Como forma de adquirir vocabulário para formar a *knowledge Base* (KB) utilizou-se a documentação Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1), aprovada pela portaria N° 287/GC3, de 21 de junho de 2012. Por essa referência foi possível organizar parte do domínio de conhecimento [13].

Assim, num primeiro momento foram separados, informalmente, todos os nomes que poderiam estar relacionados com a estruturação da ontologia a ser descrita.

Após essa etapa iniciou-se uma série de anotações que foram arranjadas em blocos. Destes, os conceitos foram separados em conjuntos, onde foram identificados uma série de conceitos, surgindo uma coleção de nomes, os quais foram separados como: conceitos básicos (primitivos), modificadores, propriedades, relações, coisas definíveis, papéis e abstrações (quando necessárias).

Alguns desses termos foram parafraseados e esclarecidos, com o objetivo de produzir significados aos conceitos definidos [12].

Os conceitos foram tomados como nomes, ou seja, como sujeitos e objetos de uma frase. Já os modificadores foram trabalhados como os adjetivos e advérbios da sentença, modificando os nomes inseridos inicialmente.

Após essa atividade o trabalho passou para a identificação das relações, definindo as propriedades a serem adotadas para expressar a ontologia de forma coerente.

Também foram especificadas as classes definidas na OWL, bem como os valores dos papéis desempenhados pelos elementos descritos.

E. Mapa Conceitual

Em conjunto com a elaboração da Tabela de Nomes optou-se por confeccionar um mapa conceitual, que serviu como base para uma visualização da abstração gerada pelo conjunto de nomes.

O mapa foi desenvolvido com o uso do *software Cmap Tools*, versão 5.05.01.

A visualização do mapa facilitou ainda mais a disposição da tabela de nomes, ampliando a visão para novas formas de se construir a ontologia.

Em seguida foram definidas algumas propriedades postas em contextos por meio do *domain* e *range*, termos que possuem significados inspirados em uso matemático. Para esclarecer, uma propriedade pode ter relação com os dois ao mesmo tempo, os quais são especificados através de triplas RDF, restringindo quem pode ser sujeito e quem pode ser objeto da tripla. Portanto, o significado desses termos é definido pelas inferências que podem ser extraídas.

Abaixo são observados alguns exemplos de sentenças, às quais foram divididas para que se identificasse a propriedade por meio dos pares relacionados:

temCargaExterna: *Domain* – Configuração
Range – CargaExterna

temConfiguracao: *Domain* – Aeronave
Range – Configuracao

podeFazerParteDaTarefaDe: *Domain* – AcoesDaForcaAerea
Range – TarefasDaForcaAerea

ocorreuNoAno: *Domain* – ExercicioMilitar
Range – Ano

Para esse trabalho foi utilizado, também, o conceito de Mundo Aberto, aplicado à Web Semântica e a OWL, adotando-se a negação como contradição, pois qualquer coisa pode ser verdade, a menos que possa ser provada como falsa [6].

Isso facilitou o desempenho do MI que, a partir dos conceitos definidos, encontrou as inferências sobre a modelagem. Esse assunto é comentado de forma mais abrangente no tópico “G - Aplicação do Reasoner”.

F. Software Protégé

Com a tabela de nomes estruturada e o mapa conceitual idealizado, o desenvolvimento prosseguiu para a construção da ontologia propriamente dita.

Nessa etapa foram utilizados os recursos oferecidos pelo *software Protégé*, versão 4.2 no padrão OWL [2], como forma de representar a ontologia para proporcionar a fusão de dados anotados nas imagens. A reprodução através das características em OWL e a operacionalidade da ferramenta Protégé são observadas na Fig. 2.

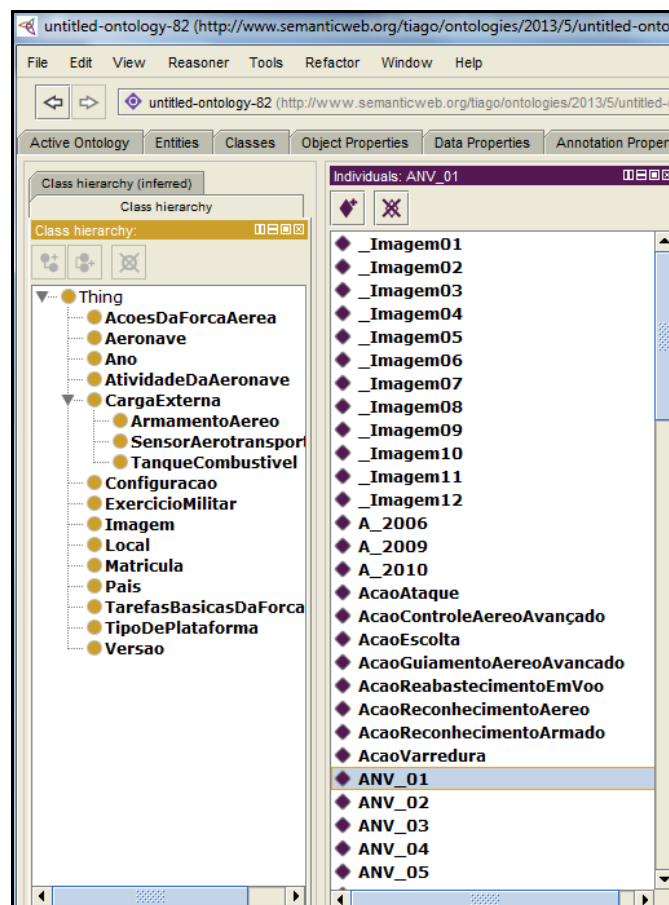


Fig. 2. Visualização (modificada) parcial da ontologia através da ferramenta Protégé.

O *software Protégé* foi escolhido por se tratar de um aplicativo gratuito. Além de ser fundamentado em Java, e recomendado pela W3C [2], permite a edição de diversos formatos de documentações: OWL, RDF (Schema), XML (Schema), etc, tornando-se uma ferramenta apropriada para aplicações rápidas e eficazes [9].

O Protégé, por possuir operadores fundamentados em modelo lógico, permitiu determinar os conceitos da maneira como são descritos [5].

Assim, o MI verificou se as declarações e as definições da ontologia estavam estruturadas de forma conveniente, conforme é observado na Fig.3, onde “Aeronave” é inferida como “TipoDePlataforma”.

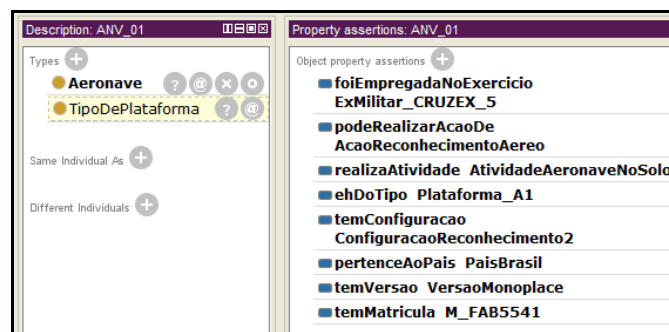


Fig. 3. Visualização (modificada) parcial da ontologia, através da utilização do reasoner do *software Protégé*, para inferir “Aeronave” como “TipoDePlataforma”.

Para tanto, a ferramenta de modelagem demonstrou ser um aplicativo computacional adequado para representar a

semântica de relacionamentos de todas as entidades de domínio (anotações) dissertadas nas imagens.

Com a utilização deste *software*, também foi possível constatar um modelo para comparar abordagens baseadas numa fusão de nível básico, inferindo relações mais óbvias, como também identificar métodos para adequar que a estrutura de modelagem atingisse o nível mais complexo, realizando inferências mais complicadas.

Utilizando-se dos recursos computacionais para inferir os conceitos, o MI possibilitou a descrição de imagens que apresentavam ausência de informação, restrições visuais, cenários múltiplos e dados obsoletos. Isto propiciou um domínio do conhecimento mais próximo da verdade conceituada pela modelagem.

G. Aplicação de Reasoner

Em seguida foi avaliado o Mecanismo de Inferência – *Reasoner Hermit 1.3.7*. Ele representa um componente do aplicativo e é capaz de inferir consequências lógicas de um conjunto de fatos alegados ou axiomas [5].

O *Hermit* foi escolhido para identificar certos desacertos semânticos, com o intuito de retificar e aprimorar a estrutura desenvolvida pelo usuário, bem como identificar e demonstrar as inferências e as hierarquias não declaradas pelo desenvolvedor.

Com isso foi possível constatar, de forma automatizada, as inferências lógicas obtidas após a inicialização do *reasoner*, sendo também possível verificar erros cometidos durante a elaboração da ontologia. Esses enganos foram corrigidos e inferidos novamente, como forma de verificar a veracidade dos dados expostos pela execução do *Hermit*.

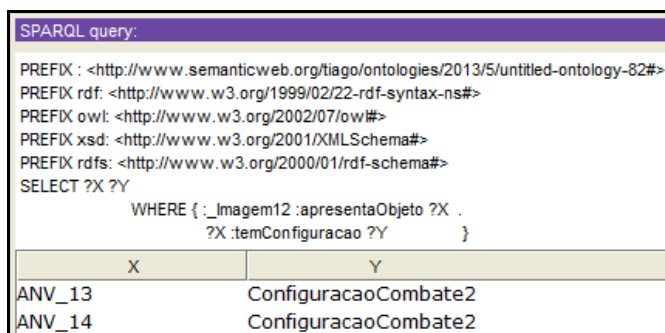
H. Consultas por meio de SPARQL

O MI, além de classificar a ontologia, por gerar novas consistências com relação às classes e hierarquias, inseriu novas informações não observadas pelos desenvolvedores. Logo, os conceitos do projeto foram expandidos, possibilitando a verificação de desacertos cometidos durante a estruturação das inferências.

A etapa seguinte passou para a confirmação das perguntas elaboradas no item “C”, quando no início da aplicação do Método descrito, apresentadas em formato SPARQL.

Pergunta 1 - Quais são os tipos de configurações e os tipos de aeronaves que estão presentes na Imagem 12?

Como resposta observamos a Fig.4, que retorna informações da Imagem 12, a qual possui as aeronaves ANV_13 e ANV_14, e que se encontram na configuração de combate número 2.



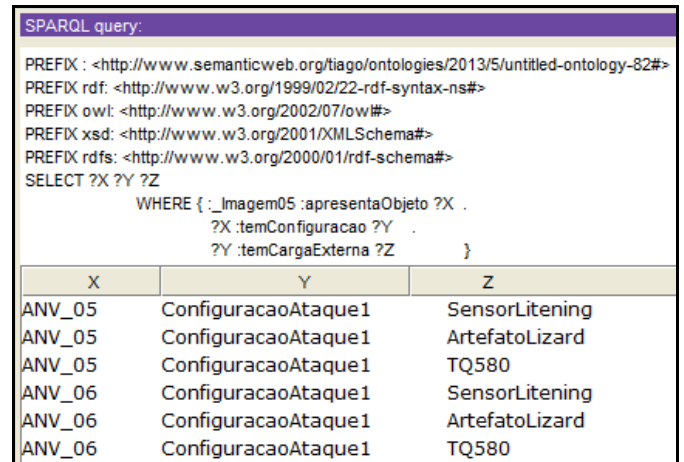
```

SPARQL query:
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/tiago/ontologies/2013/5/untitled-ontology-82#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?X ?Y
WHERE {
:_Imagem12 :apresentaObjeto ?X .
?X :temConfiguracao ?Y
}
    
```

X	Y
ANV_13	ConfiguracaoCombate2
ANV_14	ConfiguracaoCombate2

Fig.4. Tela do software Protégé (SPARQL) exibindo resultado da pergunta 1.

Pergunta 2 - Quais são os tipos de cargas externas que fazem parte das configurações que estão sendo utilizadas pelas aeronaves da Imagem 5? Como resposta, observamos a Fig.5.



```

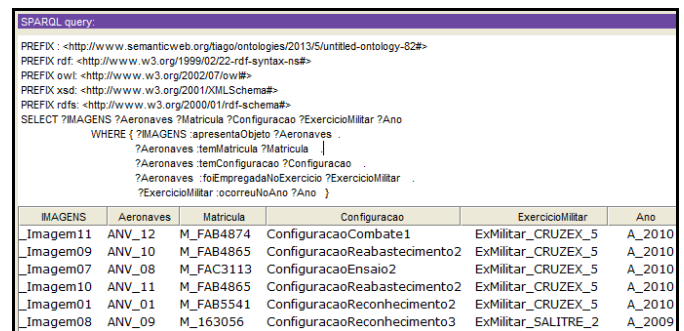
SPARQL query:
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/tiago/ontologies/2013/5/untitled-ontology-82#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?X ?Y ?Z
WHERE {
:_Imagem05 :apresentaObjeto ?X .
?X :temConfiguracao ?Y .
?Y :temCargaExterna ?Z
}
    
```

X	Y	Z
ANV_05	ConfiguracaoAtaque1	SensorLitening
ANV_05	ConfiguracaoAtaque1	ArtefatoLizard
ANV_05	ConfiguracaoAtaque1	TQ580
ANV_06	ConfiguracaoAtaque1	SensorLitening
ANV_06	ConfiguracaoAtaque1	ArtefatoLizard
ANV_06	ConfiguracaoAtaque1	TQ580

Fig.5. Tela do software Protégé (SPARQL) exibindo resultado da pergunta 2.

Observa-se que a Imagem 5 possui 2 aeronaves ANV_05 e ANV_06. Ambas encontram-se na configuração de Ataque 1, munidas de designador laser chamado Litening, um artefato bélico com kit Lizard e tanques de combustível com capacidade de 580 litros.

Pergunta 3 - Quais são as imagens que possuem aeronaves com matrículas visíveis? Forneça a numeração da matrícula e informe a qual configuração elas pertencem. Informe também se a aeronave participou de alguma operação militar e em que ano ocorreu a operação? Como resposta, observamos a Fig.6.



```

SPARQL query:
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/tiago/ontologies/2013/5/untitled-ontology-82#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?IMAGENS ?Aeronaves ?Matricula ?Configuracao ?ExercicioMilitar ?Ano
WHERE {
?IMAGENS :apresentaObjeto ?Aeronaves .
?Aeronaves :temMatricula ?Matricula .
?Aeronaves :temConfiguracao ?Configuracao .
?Aeronaves :foiEmpregadaNoExercicio ?ExercicioMilitar .
?ExercicioMilitar :ocorreuNoAno ?Ano
}
    
```

IMAGENS	Aeronaves	Matricula	Configuracao	ExercicioMilitar	Ano
_Imagem11	ANV_12	M_FAB4874	ConfiguracaoCombate1	ExMilitar_CRUZEX_5	A_2010
_Imagem09	ANV_10	M_FAB4865	ConfiguracaoReabastecimento2	ExMilitar_CRUZEX_5	A_2010
_Imagem07	ANV_08	M_FAC3113	ConfiguracaoEnsaio2	ExMilitar_CRUZEX_5	A_2010
_Imagem10	ANV_11	M_FAB4865	ConfiguracaoReabastecimento2	ExMilitar_CRUZEX_5	A_2010
_Imagem01	ANV_01	M_FAB5541	ConfiguracaoReconhecimento2	ExMilitar_CRUZEX_5	A_2010
_Imagem08	ANV_09	M_163056	ConfiguracaoReconhecimento3	ExMilitar_SALITRE_2	A_2009

Fig.6. Tela do software Protégé (SPARQL) exibindo resultado da pergunta 3.

Observa-se que as Imagens 01, 07, 08, 09, 10, 11, apresentam as aeronaves ANV_01, ANV_08, ANV_09, ANV_10, ANV_11, ANV_12, respectivamente. Cada matrícula, configuração de voo, exercício militar que participou e ano que ocorreu o exercício são apresentados conforme às anotações inferidas em cada imagem, demonstrando os dados de forma correta.

VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A. Conclusões

Por meio desse trabalho foi possível verificar que a criação das ontologias auxiliou na representação do conhecimento, expondo o mesmo de maneira abrangente. A forma de desenvolver uma modelagem em formato OWL-

DL, representando a fusão de dados para acelerar a busca e correlação entre imagens foi adequada.

Por meio do estudo também foi possível verificar a importância em estabelecer perguntas iniciais, para tê-las como base no processo de construção ontológica. Elas auxiliaram na representação do conhecimento, expondo o mesmo de maneira compreensiva.

O método apresentado ajudou de sobremaneira no processo de modelagem da ontologia, pois permitiu presumir os conceitos primitivos, modificadores, propriedades, conceitos definidos e papéis, de forma clara e organizada.

A confecção de um banco de dados dedicado, com anotações em imagens de aeronaves de caça, foi importante para validar o método exposto.

A tabela de nomes e o mapa conceitual proporcionaram uma visualização inicial um pouco limitada, por mascarar as informações anônimas, mas ao mesmo tempo muito significativo, principalmente por ilustrar os conceitos na forma de hierarquia de classes, domínios e escopos.

O *software* Protégé permitiu gerar, administrar e inferir a ontologia, revelando ser um aplicativo computacional bem completo para executar a tarefa de criação de ontologias baseadas em anotações de imagens. Assim, com a utilização desta ferramenta, pode-se constatar que é aceitável construir um modelo para comparar abordagens baseadas numa fusão de dados.

O *reasoner Hermit* também demonstrou ser adequado para esse estudo, confirmando resultados relevantes devido às inferências exibidas automaticamente. Ele possibilitou uma qualificação das hierarquias emergentes, principalmente as mais complexas.

A elaboração das consultas SPARQL e DL Query atenderam ao escopo do artigo, pois possibilitaram que as perguntas declaradas inicialmente pudessem ser respondidas.

Conclui-se, assim, que a fusão de dados sobre o domínio de imagens anotadas pode ser adotado para acelerar o ciclo de C2, tornando a Força Aérea mais equiparada aos países de primeiro mundo, pois a capacidade de agregar os dados de diversos sensores possibilita a maximização de tomada de decisão e, conseqüentemente, mais propriedade nas determinações a serem adotadas pelo alto Comando.

B. Recomendações

Recomenda-se a ampliação do número de indivíduos, como forma de tornar o processo de busca mais complexo, podendo assim validar o tempo de procura em imagens anotadas.

Sugere-se o uso de regras para estender a OWL de forma sintática e semanticamente coerente, podendo atender melhor a forma de buscar uma fusão de dados mais complexa.

Por se tratar de uma proposta didática, com relação às fusões de dados sobre o domínio imagem, o arquivo OWL-DL apresentou-se concatenado com vários outros tipos de domínio. Por exemplo, a conceituação das “Ações da Força Aérea” em relação às “Tarefas Básicas” que a mesma desempenha. Isso também pode ser ampliado ao domínio “Ambiente da Imagem”, bem como a separação de “Local” ou “País”. Todos podem ser modelos de ontologia independentes, porém relacionais, como forma de customizar buscas e organizar, semanticamente, dados ainda desestruturados.

REFERÊNCIAS

- [1] NCOR: National Center for Ontological Research. <<http://ncor.us>>. Acesso em: 28 Abr. 2013.
- [2] Schreiber, A.T.G., Dubbelddam, B., Wielemaker, J., Wielinga, B. “Ontology-Based Photo Annotation”. The Semantic Web. University of Amsterdam.
- [3] Bannour, H.; Hudelot, C., “Towards ontologies for image interpretation and annotation,” Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), 2011 9th International Workshop on, vol., no., pp.211, 216, 13-15 June 2011.
- [4] Software Protégé. Semantic Technology & Business Conference. <<http://protege.stanford.edu>>. Acesso em: 25 Mai. 2013.
- [5] Horridge, M. “A Practical Guide to Building OWL Ontologies using Protégé – OWL plugin and CO-ODE Tools”. Edição 1.3. 2011 The University Of Manchester. <<http://owl.cs.manchester.ac.uk/activities>>. Acesso em: 26 Abr. 2013.
- [6] Allemang, D. Hendler, J. “Semantic Web for the Working Ontologist”. Second Edition. Boston: Morgan Kaufmann. 2011.
- [7] Antoniou, G., Harmelen, F. V. “A Semantic Web Primer”. Second Edition. Massachusetts Institute of Technology. 2008.
- [8] Guarino, N. “Formal Ontology and Information Systems. Proceedings of FOIS’98”. Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15.
- [9] W3C Recommendation Service. OWL Web Ontology Language Guide. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-guide>>. Acesso em: 26 Abr. 2013.
- [10] Freitas, F. “Introdução às Técnicas de Raciocínio em Lógica de Descrições”. Centro de Informática. UFPE. 2012.
- [11] Baader, F., McGuinness, D. L., Nardi, P. F. “The Description Logic Handbook”. Second Edition. Cambridge Press. 2003.
- [12] Rector, A. “Foundations of the Semantic Web. Ontology Engineering”. Alan Rector & Colleagues. University of Manchester.
- [13] Força Aérea Brasileira, “DCA 1-1 Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira”, 2012. Brasil.