

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

APLICAÇÃO DE CONSULTA SEMÂNTICA EM IMAGENS
UTILIZANDO ONTOLOGIAS

MATHEUS TREVIZAN

BLUMENAU
2006

2006/1-31

MATHEUS TREVIZAN

APLICAÇÃO DE CONSULTA SEMÂNTICA EM IMAGENS

UTILIZANDO ONTOLOGIAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Regional de Blumenau para a obtenção dos créditos na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Ciências da Computação — Bacharelado.

Prof. Roberto Heinzle, Mestre - Orientador

BLUMENAU
2006

2006/1-31

APLICAÇÃO DE CONSULTA SEMÂNTICA EM IMAGENS UTILIZANDO ONTOLOGIAS

Por

MATHEUS TREVIZAN

Trabalho aprovado para obtenção dos créditos na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, pela banca examinadora formada por:

Presidente: _____
Prof. Roberto Heinzle, M.Sc – Orientador, FURB

Membro: _____
Prof. Jomi Fred Hubner, Dr – FURB

Membro: _____
Prof. Alexander R. Valdameri, M.Sc – FURB

Blumenau, 14 de julho de 2006

Dedico este trabalho a todos aqueles que torceram e acreditaram em mim, espero não ter dado falsa esperança a nenhum deles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas pessoas abençoadas que tenho ao meu redor.

À minha família, pessoas que amo e admiro tanto.

Sou eternamente grato aos meus Pais, Ildo e Ana, por todo o amor, incentivo, confiança e liberdade de escolha recebida.

Meu irmão Franco, pela amizade e por todo o apoio extra, dado durante o período em que vivemos distantes geograficamente.

Ao meu irmão Charles, a quem sempre tento me espelhar, pelo companheirismo e esforço realizado em acolher e ensinar o irmão mais novo.

À Analu e Luiza que chegaram para alegrar ainda mais essa família.

À Dynamix, empresa em que trabalho, onde pude colocar em prática os ensinamentos recebidos durante esses anos de graduação, especialmente Claumir Claudino dos Santos por acreditar e apostar em mim.

Pelos amigos com os quais formei uma família, agradeço por toda a convivência e pela paciência para com esse rabugento.

Ao meu orientador, Roberto Heinzle, pela amizade e pela disponibilidade de orientação em um semestre tão turbulento devido a seus estudos.

Conhecimento é poder.

Francis Bacon

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar como tecnologias relacionadas a Web semântica podem facilitar a realização de consultas sobre imagens. A web semântica propõe o uso de palavras-chave e ontologias para melhorar o processo de anotação e recuperação de imagens. Através da utilização de diversos recursos tecnológicos disponíveis, o protótipo implementado realiza pesquisas na Internet e processa dados de imagens previamente anotados, tendo como resultado a possibilidade de encontrar imagens de maneira simples e precisa. Apesar de a web semântica ser uma tecnologia que está em fase embrionária, o trabalho demonstra que já é possível utilizá-la, de modo a facilitar a pesquisa e recuperação de imagens na Internet.

Palavras-chave: Ontologia. Consulta semântica. Gestão e engenharia do conhecimento.

ABSTRACT

The purpose of this work is to show how technologies related to Semantic Web may make easier searches over images. Semantic Web proposes the use of keywords and ontology to improve the noting process and images recovery. Through the use of several available technological resources, the implemented prototype performs searches through the Internet and process data from images previously noted, having as a result the possibility of finding images in a simple and accurate way. In spite of Semantic Web being a technology which is in embryonic phase, the work shows that is already possible to use it in order to make easier the search and recovery of images in the Internet.

Key-words: Ontology. Semantic query. Knowledge engineering and management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferença entre dado, conhecimento e informação.....	18
Figura 2 – Arquitetura de camadas.....	20
Figura 3 – Ambiente Protégé.....	28
Figura 4 – Arquitetura do JESS.....	30
Figura 5 – Console do JESSTab com uma lista de fatos.....	32
Figura 6 – Arquivos do Annotea.....	35
Figura 7 – Anotação visualizada através do <i>browser</i> Amaya.....	36
Figura 8 – Tipos de imagens comuns.....	37
Figura 9 – Operacionalidade do sistema.....	44
Figura 10 – Diagrama de casos de uso.....	45
Figura 11 – Diagrama de seqüência da consulta semântica.....	46
Figura 12 – Diagrama de seqüência do crawler.....	47
Figura 13 – Diagrama de seqüência da recuperação de dados.....	48
Figura 14 – RDFpic com logomarca da FURB.....	49
Figura 15 – Diagrama da ontologia desenvolvida.....	50
Quadro 1 – Código fonte de pesquisa do <i>crawler</i>	52
Quadro 2 – Código-fonte de uma regra exemplo em JESS.....	53
Quadro 3 – Código-fonte criando instância na base de conhecimento.....	53

LISTA DE SIGLAS

HTML – HyperText Markup Language

OWL – Ontology Web Language

RDF – Resource Description Framework

UML – Unified Model Process

URI – Uniform Resource Indicator

URL – Uniform Resource Locator

W3C – World Wide Web Consortium

WWW – World Wide Web

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 MOTIVAÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivos específicos	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 CONHECIMENTO	16
2.1.1 Dados, informação e conhecimento.....	17
2.1.2 Aquisição de conhecimento	18
2.2 WEB SEMÂNTICA	20
2.2.1.1 XML	21
2.2.1.2 RDF.....	23
2.2.2 Motivações da web semântica.....	24
2.3 ONTOLOGIA.....	25
2.3.1 Protégé.....	27
2.3.2 Linguagem OWL	29
2.4 RACIOCINADOR	29
2.4.1 JESS	30
2.5 MOTORES DE BUSCA	32
2.5.1 Crawler.....	33
2.6 ANOTAÇÃO.....	34
2.7 IMAGENS.....	37
2.7.1 Obtenção de dados sobre imagens	38
2.7.2 Anotação em imagens	39
2.7.2.1 Anotação manual	40
2.7.2.2 Anotações semi-automáticas	41
2.7.2.3 Anotações automáticas	41
2.8 TRABALHOS CORRELATOS	42
3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	43
3.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO.....	43
3.2 OPERACIONALIDADE	44

3.3 ESPECIFICAÇÃO	45
3.4 IMPLEMENTAÇÃO	51
3.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	52
3.5 RESULTADO E DISCUSSÕES	54
4 CONCLUSÕES.....	55
4.1 TRABALHOS FUTUROS.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento é fundamental para a sobrevivência das organizações atuais. De acordo com Daconta, Obrst e Smith (2003, p. 18), conhecimento é poder e a organização que gerir corretamente seu conhecimento estará em vantagem competitiva no mercado. Por isto, historiadores registram que os dias atuais representam uma fase de transição para uma nova era, a qual convencionou-se chamar de era do conhecimento.

Embora a Internet tenha tido importância central nesta transição, há ainda importantes deficiências a serem superadas. A ausência de padronização aliada com a velocidade de mudança de seu conteúdo, cria uma dificuldade no reconhecimento e mensuramento do conhecimento disponíveis na rede. Os motores de busca disponíveis, que usam apenas palavras-chave, fornecem resultados inexatos (BONIFACIO, 2002, p. 12). Dois documentos com mesmos significados e descritos por palavras distintas, tendo pesquisas efetuadas utilizando técnicas sintáticas, dificilmente estariam relacionados.

Igualmente, no que se refere às imagens digitais disponíveis na web, existe uma clara necessidade de criar novos métodos e técnicas para representar o conteúdo expresso nas imagens, desenvolvendo capacidade de processamento computadorizado dessa informação. Conforme Weinberger (2004, p. 3), as máquinas digitais podem atuar como facilitadores para agregar informações nas fotografias. As pesquisas realizadas em arquivos de imagens são efetuadas simplesmente pelo nome ou data, dados básicos para qualquer tipo de arquivo. As máquinas digitais podem criar dados sobre a fotografia com o intuito de poder representar o conteúdo e possibilitar a utilização desses dados.

No escopo descrito, aparece a web semântica que pretende ser uma web que “fale às máquinas”, com a informação expressa de uma forma significativa para computadores e pessoas. Para isso existe a necessidade de uma representação de conhecimento padronizada e

de sistemas inteligentes capazes de operar no ambiente da rede. Na representação de conhecimento destaca-se a utilização de ontologias criando capacidade de relacionar informação com estruturas de conhecimento associadas com regras de inferência.

Neste cenário, o presente projeto consiste no desenvolvimento de um protótipo de *software* com capacidade de representar e organizar informações sobre imagens, criando dados adicionais sobre as mesmas e efetuando consulta semântica nas informações representadas.

1.1 MOTIVAÇÃO

A quantidade de dados disponíveis na web aumenta drasticamente. Os mecanismos de buscas atuais não retornam resultados satisfatórios, em decorrência das técnicas de busca efetuadas pelos sistemas convencionais, onde em sua grande maioria utiliza-se de busca por palavras-chave e assim a relevância da informação não pode ser totalmente mensurada.

As pesquisas atuais voltam-se para as consultas através de conceitos, permitindo a sua recuperação semântica. Utilizando-se de metadados para a criação de uma base de conhecimento onde possa ser representada semanticamente uma informação.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver um protótipo de software que permita realizar anotações adicionais em imagens para possibilitar a realização de consultas semânticas. Entre elas, por exemplo, a capacidade de pesquisar por fotografias efetuadas em determinada região do planeta baseadas na informação de latitude e longitude contidas na mesma.

1.2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) especificar e criar uma ontologia no escopo de informações adicionais para imagens;
- b) armazenar e anotar marcações baseado em ontologia;
- c) realizar consultas semânticas nos dados recuperados.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia está organizada da seguinte forma: O capítulo 2 mostra a fundamentação teórica utilizada para o desenvolvimento do trabalho. São apresentados conceitos referentes a conhecimento, web semântica, sua relação com ontologia e sua possível aplicação em imagens.

O capítulo 3 relaciona trabalhos correlatos, que utilizam técnicas e conceitos semelhantes ao utilizados neste trabalho.

O capítulo 4 apresenta aspectos relacionados ao desenvolvimento do protótipo. São descritos os requisitos verificados, a especificação e alguns detalhes da implementação do protótipo.

O capítulo 5 contém as conclusões sobre as técnicas, fundamentações e ferramentas utilizadas, finalizando com possíveis extensões para o trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo descrever alguns aspectos teóricos relacionados ao trabalho, tais como: conhecimento, web semântica, ontologia, raciocinadores, motores de busca, anotação e imagens. Em cada etapa é declarado a relação existente com o trabalho.

2.1 CONHECIMENTO

O conhecimento pode ser considerado como ponto chave do recurso empresarial atual. O conhecimento tácito, aquele que fica armazenado no cérebro humano aguardando o momento adequado para tornar-se explícito, incorporado aos indivíduos constitui o motor da nova economia. A representação de todas as habilidades, experiências e capacidades praticadas pelo indivíduo ou pela organização é a definição de conhecimento.

A Gestão do Conhecimento (GC) é entendida como um conjunto de tarefas responsáveis por criar, disseminar, armazenar e utilizar eficientemente o conhecimento na organização (ANGELONI, 2002, p. 158). O desafio básico, no contexto da GC, reside em como obter o conhecimento que se encontra na organização, representá-lo de forma acessível e estabelecer o seu compartilhamento de nível individual para a organização, o que implica em disponibilizar a organização para usar inteligentemente o conhecimento já inerente a ela. A criação dessa disponibilidade de conhecimento é o objetivo da Engenharia de Conhecimento (EC).

A EC engloba áreas como aquisição do conhecimento, ontologias como mecanismos de especificação de domínio, bases de conhecimento, processos de raciocínio e sistemas de conhecimento. A representação formal de conhecimento se propõe a minimizar a dificuldade de recuperação de informação disponível no grande volume de dados existentes na Internet.

Seu principal objetivo é desenvolver a capacidade de quantificar e organizar a informação, criando uma associação entre os dados e atribuindo semântica a elas e gerando estruturas de conhecimento que possam ser acessível não somente por seres humanos, mas também por processos automatizados (BONIFACIO, 2002, p. 12).

2.1.1 Dados, informação e conhecimento.

Dados, informação e conhecimento são três palavras frequentes na literatura da Engenharia de Conhecimento. Elas são por vezes usadas como sinônimos, mas seus significados são levemente diferentes. Em Mastella (2004, p. 15), é descrito as definições mais utilizadas criando uma demarcação na semântica dos termos descritos.

Dado é a representação simbólica de um objeto ou informação do domínio sem considerações de contexto, significado ou aplicação. Sinais não interpretados, como os bits em um computador, podendo ser entendidos como a matéria-prima básica da informação e do conhecimento.

Informação é o reconhecimento dos objetivos do domínio, suas características, suas restrições e seus relacionamentos com os outros objetos, sem ater-se à utilidade dessa informação. É o dado com o seu significado associado disposto em uma estrutura específica.

Conhecimento é o resultado da interpretação da informação e de sua utilização para gerar novas idéias, resolver problemas ou tomar decisões. Conhecimento inclui a informação sobre o domínio e a forma como essa informação é utilizada para resolver problemas, ou seja, pode ser descrito como tudo o que usa para agir e criar novas informações.

Na figura 1, pode-se ver um exemplo da diferença entre o significado dos três termos.

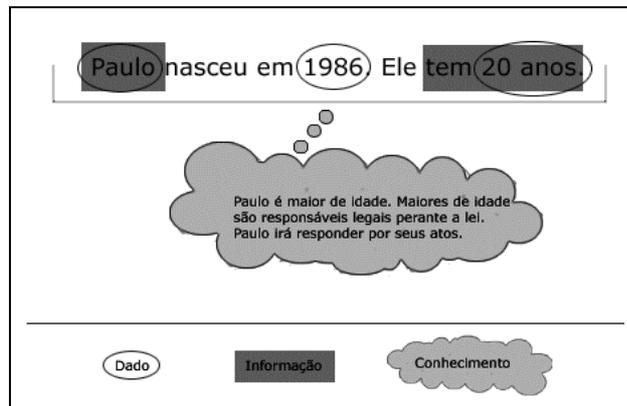


Figura 1 – Diferença entre dado, conhecimento e informação

A figura demonstra um exemplo de duas frases de entrada “Paulo nasceu em 1986. Ele tem 20 anos.”, a partir dessas duas frases podem ser obtidos três dados (idade, ano de nascimento e nome da pessoa), contém uma informação (pessoa tem 20 anos) e pode ser obtido um conhecimento (maioridade), através das afirmativas feitas sobre a pessoa e do conhecimento prévio existente.

2.1.2 Aquisição de conhecimento

Aquisição de conhecimento (*Knowledge Acquisition*) pode ser definida como o processo de compreender e organizar o conhecimento de várias fontes (MASTELLA, 2004, p. 8). Muitas pesquisas estão sendo realizadas para sistematizar ou até mesmo automatizar o processo de aquisição de conhecimento. Essas pesquisas resultaram em várias técnicas, as quais podem ser divididas em três classificações: manuais, semi-automáticas e automáticas.

As técnicas manuais são as mais utilizadas, as semi-automáticas geralmente são utilizadas em conjunto com as manuais, já as automáticas dizem respeito ao processo pelo qual o conhecimento é adquirido automaticamente, ou seja, sem a interferência humana. Como exemplos de Aquisição do Conhecimento automático podem-se destacar a mineração de dados e a capacidade de aprendizagem das máquinas (redes neurais e árvores de decisões)

(SILVA; COSTA, 2005).

Quanto à aprendizagem automática, esta reúne um conjunto de técnicas algorítmicas com vista a dotar os computadores de capacidades de aprendizagem, quer seja para estes tirarem partido das suas experiências, a fim de executarem tarefas rotineiras com maior agilidade, quer para que os computadores possam construir bases de conhecimentos de sistemas inteligentes ou ainda para que possam extrair conhecimentos a partir de bases de dados simples. Mota e Gomes (2004) destacam como principais instrumentos de apoio à aquisição de conhecimento:

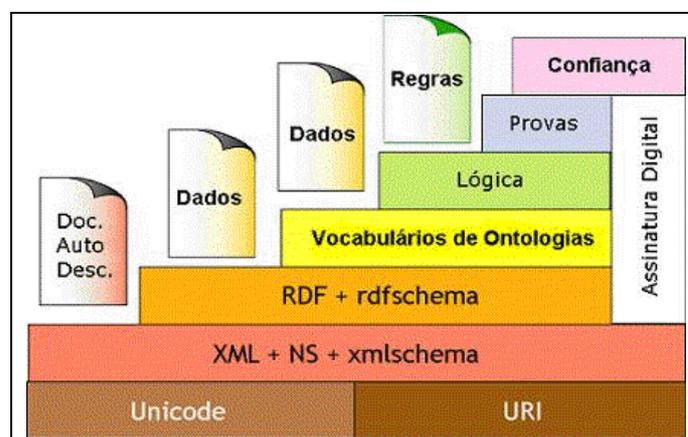
- a) *taxonomia*: classificação organizada de objetos. Na web é um sistema de informação que fornece um *thesaurus* e os seus instrumentos de visualizações online, também proporcionando um novo acesso à recuperação da informação;
- b) *ontologia*: representação formal do conhecimento numa área. O termo é usado por engenheiros de sistema em dois sentidos, no conhecimento geral que se aplica através de muitas áreas de tipo similar e no conhecimento específico que descreve uma área particular. Maiores detalhes sobre ontologia são demonstrados na seção 2.3;
- c) *thesaurus*: coleção exaustiva de termos relativos à determinada zona do conhecimento, alfabética e sistematicamente ordenada. No fundo, é um dicionário que regista uma lista de palavras que são associadas semanticamente a outras, apresentando geralmente sinónimos. Um *thesaurus* é constituído por um conjunto de vários descritores, ou seja, palavras-chave dos documentos. Cada um deles tem uma definição própria e a cada documento podem ser atribuídos vários descritores, caso estejam ligados a sua definição. Sendo o *thesaurus* um conjunto de palavras indexadas, ou seja, vocabulário controlado, permite que seja mais fácil uma pesquisa por assunto e a recuperação da informação.

2.2 WEB SEMÂNTICA

Em Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001), foi primeiramente mencionada a necessidade da criação de uma rede na qual os recursos disponíveis são acessíveis não somente por seres humanos, mas também por processos automatizados.

Conforme Daconta, Obrst e Smith (2003, p. 1), a web semântica é uma extensão lógica da web atual. Para se atingir este objetivo, torna-se necessário a anotação de recursos sobre a web através de metadados. Metadado refere-se a alguma estrutura descritiva da informação sobre outro dado, utilizado na identificação, descrição, localização e gerenciamento de recursos. Com metadados a informação está definida e relacionada de tal forma que seus significados possibilitam a sua interpretação por processos de software (BONIFACIO, 2001, p. 15).

A arquitetura de camadas proposta por Berners-Lee deve ser destacada quando o assunto é a web semântica. Grande parte dos trabalhos em desenvolvimento atualmente nesta área baseia-se neste modelo. A arquitetura, mostrada na figura 2, tem como idéia principal uma pilha de linguagens computacionais sobrepostas, onde cada camada estende a expressividade da camada abaixo dela (HEINZLE, 2004, p. 3).



Fonte: Adaptado de Antoniou e Van Harmelen (2004, p. 18)

Figura 2 – Arquitetura de camadas

Na base da camada estão o *Unicode* e a URI (*Uniform Resource Indicator*). O *Unicode* é um padrão que atribui um código único para cada caracter, independente de idioma utilizado ou plataforma computacional. Seu principal objetivo é unificar as codificações existentes (UTF-8, ISO-8859-1). O URI, baseado na URL (*Uniform Resource Locator*) utilizado hoje, associa a cada recurso um endereço único, com isso propõem-se uma padronização para identificação de recursos disponíveis na rede.

As duas próximas camadas têm o intuito de descrever estruturalmente e semanticamente os dados, essas camadas utilizam-se de linguagens de marcação que serão explicadas como maiores detalhes na seção 2.2.1.1 e 2.2.1.2. No topo da arquitetura estão as camadas de lógica, provas e confiança.

Em sua proposta inicial Berners-Lee registra que é na camada de lógica que estarão mecanismos que permitirão que novos dados possam ser inferidos de dados já existentes através de regras lógicas. Os dados serão suficientemente inteligentes para serem descritos com relacionamentos concretos e sofisticados formalismos onde cálculos lógicos poderão ser feitos numa “álgebra semântica”. A camada de provas envolve o processo dedutivo de ontologias para desenvolver mecanismo para raciocinar e provar que determinados fatos são verdadeiros baseando-se na informação disponível.

A camada de confiança utiliza-se das assinaturas digitais e das formas atuais de segurança, pois é um ponto crucial da web atual. A web só conseguirá atingir todo o seu potencial quando existir confiança nas suas operações (segurança) e na qualidade de informação disponibilizada (ANTONIOU; VAN HARMELEN, 2004, p. 18).

2.2.1.1 XML

O *Extensible Markup Language* (XML) é uma linguagem de marcação empregada com

o intuito de fornecer interoperabilidade sintática aos recursos na Web. Para a web semântica é necessária uma linguagem de formatação com sintaxe padronizada, e a linguagem utilizada na rede é o *HyperText Markup Language* (HTML), que têm uma limitação para representar dados em páginas *web*. A limitação ocorre visto que o HTML serve para definir a forma na qual se apresentará o texto e outros elementos da página para visualização pelo usuário. Em decorrência dessa limitação surge o XML, que é uma linguagem desenvolvida pela *World Wide Web Consortium* (W3C) para superar as limitações (falta de estrutura e impossibilidade de validação da informação exibida) do HTML (DACONTA; OBRST; SMITH, 2003, p. 32).

A linguagem XML é definida como o formato universal para dados estruturados na web. Esses dados consistem em tabelas, desenhos, parâmetros de configuração etc. A linguagem então, trata de definir regras que permitam escrever esses documentos de forma que sejam adequadamente visíveis ao computador. Em documentos XML têm-se a liberdade para definir e usar *tags*, atributos e outras primitivas da linguagem de um modo arbitrário, designando diferentes semânticas para descrever o modelo do domínio conceitual que se deseja. Com isso, torna-se difícil a reconstrução do significado semântico de um documento XML. Sendo assim o XML tem a limitação de descrever somente gramática.

De acordo com Tesch Jr. (2002, p. 44), o XML Schema possui basicamente a função de definir as partes de um documento e descrever como elas podem ou não ser usadas, o que pode ser colocado em seus interiores e se são ou não elementos obrigatórios. Já os *namespaces*, ou espaços identificadores de nomes, têm como objetivos, de uma maneira geral, determinar um escopo para os elementos declarados no documento e disponibilizar *containers* para os nomes usados dentro de um documento. Eles determinam o contexto para os tipos de elementos e nomes de atributos usados nos documentos XML.

2.2.1.2 RDF

Conforme Breitman e Leite (2004, p. 9), *Resource Description Framework* (RDF) foi projetado para fornecer interoperabilidade e semântica para metadados de modo a facilitar busca por recursos na web. O RDF possui recursos para descrever tanto metadados descritivos como metadados semânticos, possibilitando a descrição de domínio de ontologias, através da identificação de hierarquias de conceitos e relações, juntamente com axiomas que podem ser usados para produzir novos fatos a partir de um já existente (BONIFACIO, 2001, p. 19). Segundo Thuraisingham (2002, p. 145), RDF descreve conteúdo e também as relações de várias entidades em um documento.

São enumerados em Daconta, Obrst e Smith (2003) algumas limitações que justificam a linguagem RDF não estar sendo utilizada em escala mundial. A primeira limitação é o fato de que partes da RDF são complexas, por existirem representações de dados de várias comunidades diferentes misturados, existe muita flexibilidade na representação dos modelos e sua árvore é de difícil interpretação sem auxílio de ferramentas. Outra limitação é que os exemplos em RDF são fracos, não ilustrando de maneira satisfatória as capacidades da linguagem.

RDF Schema propõe modelos primitivos de organização de objetos da web em hierarquia. Chaves primitivas são classes e propriedades, restrições de domínio e relacionamentos de subclasses. RDF Schema pode ser visto como a linguagem primitiva para escrever ontologias, mas existe a necessidade de outras linguagens de ontologias que expandem RDF Schema e permitem representações de relacionamentos mais complexas entre as informações.

2.2.2 Motivações da web semântica

Computadores e programas poderiam auxiliar pessoas de forma mais efetiva, mas limitações no modelo atual da web inviabilizam uma maior contribuição. Conforme Mendonça (2005, p. 16), um dos fatores limitantes da web atual é a ausência quase completa de metadados acompanhando as informações, ou seja, computacionalmente não se pode mensurar os dados dessa forma. Outro fator limitante é a dificuldade de diferenciar uma pesquisa efetuada em cima de publicação escritas por determinada pessoa de publicações sobre essa pessoa.

Outro caso, o mais comum, são as páginas HTML, que não trazem um modelo para o uso de metadados. Com essa necessidade foram criadas soluções paliativas, como a inclusão de *meta-tags* nos documentos. Estas *tags* podem disponibilizar informações referentes a assunto, autor, palavra-chave, ou seja informações globais sobre o nível do documento. Informações essas que podem ser utilizadas por ferramentas de busca.

Não é de hoje que existe a preocupação de catalogar a informação, através da inclusão de metadados, em documentos Web. O primeiro movimento neste sentido foi o desenvolvimento da PICS (*Platform for Internet Content Selection*), uma reação do W3C a ameaça de criação de controles de censura na Web, através de um ato, votado no Congresso Americano em 1996, que regulava o conteúdo da Internet (MENDONÇA, 2003, p. 15). Foi do PICS que saiu a idéia do modelo de informação com grafos direcionais rotulados batizados de RDF.

Bonifácio (2004, p. 20) destaca que grafos direcionais rotulados têm um modelo básico de dados que consiste em três tipos de objetos: recursos, propriedades e declarações.

- a) recursos podem ser páginas da web, uma coleção de páginas ou, objeto que não é diretamente acessível. Os recursos são também chamados de URIs;

- b) propriedades são aspectos específicos, características, atributos ou relações utilizadas para descreverem os recursos;
- c) declarações são descritos como a união entre recurso específico, propriedade e o valor da propriedade para aquele recurso.

Estas três partes individuais de uma declaração são chamadas respectivamente de sujeito, predicado e objeto. O mecanismo principal para a representação de informação em RDF é baseado na associação de descrições a recursos.

2.3 ONTOLOGIA

Segundo Souza e Alvarenga (2004), ontologia é uma ciência filosófica, definida como uma teoria sobre a natureza da existência. A palavra *ontology* vem da palavra grega *ontos* (estudo do ser) e *logos* (palavra). No contexto da computação as ontologias têm sido usadas nas áreas de bancos de dados e recuperação de informações como um suporte para interoperabilidade de fontes de dados. Em Inteligência Artificial utiliza-se de ontologias para descrever e representar uma área de conhecimento. Na Inteligência Artificial o que “existe” é o que pode ser representado.

Uma ontologia define um domínio. Segundo Bonifácio (2002, p. 14), ontologia especifica um conceito, descrevendo propriedades, relações, restrições e axiomas de um determinado domínio. Usam-se ontologias comuns para descrever a representação de uma base de conhecimento para um conjunto de agentes, para que estes possam passar informações sobre o domínio do discurso, sem necessariamente operar sobre uma teoria globalmente compartilhada. O conhecimento é atribuído aos agentes através da observação de suas ações. O objetivo principal da ontologia é a estruturação de conceitos com legibilidade suficiente para criação de softwares com capacidade de processar estas informações. No

escopo de web semântica, a ontologia é composta por taxonomia e conjunto de regras de inferência. Taxonomia, ou hierarquia de conceitos, define classificação de informação e conjunto de regras de inferência fornece o aparato dedutivo. Dessa forma, uma ontologia tem a capacidade de relacionar informação com estruturas de conhecimento associadas com regras de inferência. Basicamente ontologias definem palavras e conceitos comuns de um domínio.

Atualmente vários esforços estão sendo feitos para criar ontologias que possam se tornar padrões e que sejam utilizadas em ampla escala por aplicações de vários segmentos, mas em decorrência da necessidade de um consenso entre as partes interessadas em utilizar aplicativos que fazem uso destas ontologias, não existe uma padronização total em como as ontologias devem ser desenvolvidas para possibilitar a interpretação das máquinas (TORESAN, 2005, p. 22). Mas existem características e componentes básicos comuns presentes em grande parte das padronizações utilizadas, mesmo apresentando propriedades distintas, onde é possível identificar tipos bem definidos. Os componentes básicos de uma ontologia são: classes (organizadas em uma taxonomia), relações (representando o tipo de interação entre os conceitos de um domínio), axiomas (usados para modelar fatos, sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (utilizadas para representar elementos específicos).

Ontologias têm alguns princípios de construção, assim como qualquer outro projeto de software, com o intuito de determinar sua qualidade baseada em determinados critérios (FREITAS, 2002, p. 70):

- a) clareza: na definição do conhecimento, deve-se ter a objetividade de definir apenas o que se presume ser útil para a resolução da classe de problemas a ser atingida;
- b) legibilidade: a ontologia deve ser um vocabulário compartilhável, utilizando definições informais, normalmente o jargão e termo usado por especialista do domínio;
- c) coerência: as inferências derivadas da ontologia definida devem ser corretas e

consistente com as definições;

- d) extensibilidade: a ontologia deve permitir extensões e especializações, sem a necessidade de uma revisão lógica completa em uma base de conhecimento. Revisão essa que seria efetuada em busca de contradições;
- e) mínima codificação: a utilização de conceitos genéricos independente de padrões estabelecidos pela mensuração, notação e codificação.

A construção de ontologias para a comunicação em nível de conhecimento tem se tornado alvo de estudos e aumentou a necessidade de ferramentas com o objetivo de dar suporte a esta atividade. Vários editores de ontologias surgiram não somente com o objetivo de facilitar a sua construção, mas disponibilizando também ontologias públicas para o seu reuso.

2.3.1 Protégé

Pela complexidade envolvida na manipulação de ontologias surgiu a necessidade de ferramentas focadas em manipulação, essas ferramentas objetivam o armazenamento, manutenção e consulta em ontologias. O Protégé (PROTEGÉ, 2005) é um ambiente interativo para projeto de ontologias, de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. Desenvolvido no Stanford Medical Informatics, departamento de informática da área de medicina da Universidade de Stanford tinha como principal objetivo ser utilizado em aplicações na área médica. Fatores como a sua facilidade de utilização e independência de domínio fez com que fosse também utilizado em aplicações de muitas outras áreas.

O Protégé tem uma arquitetura integrável a diversas aplicações, através de *plugins* que podem ser conectados ao sistema. Com essa capacidade o Protégé teve vários componentes

auxiliares desenvolvidos e adicionados ao sistema, grande parte desses componentes foram construídos por grupos de usuários do ambiente. Jambalaya é um deles, um utilitário com animação e recursos para visualização de dados, outro é o JessTab, utilizado neste trabalho para integração do ambiente com o JESS através de uma interface gráfica com capacidade de visualizar os fatos e regras da base de conhecimento.

A figura 3 traz uma tela do ambiente Protégé com destaque para o lado esquerdo onde se encontra a hierarquia de classes da ontologia.

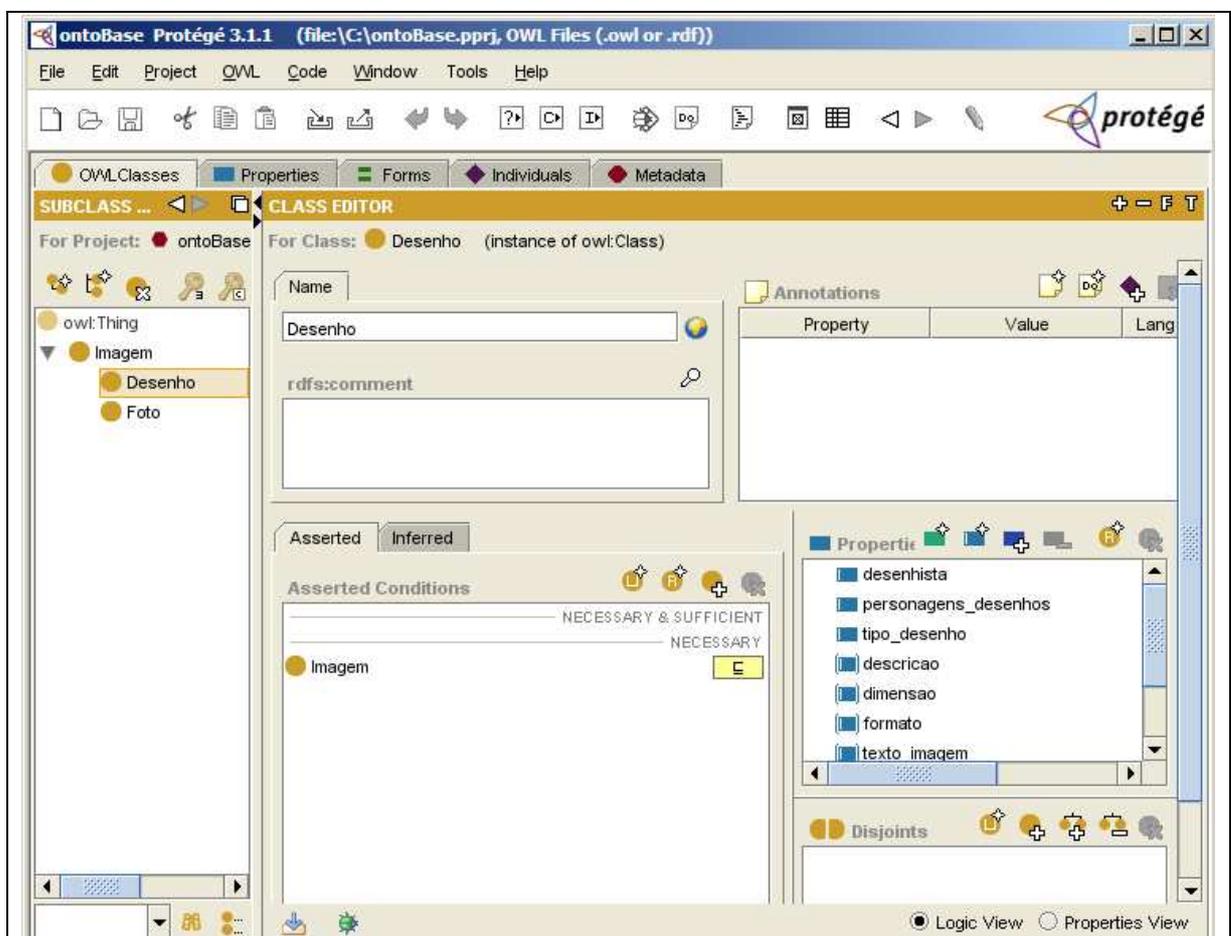


Figura 3 – Ambiente Protégé

As ontologias foram utilizadas no protótipo para organizar as anotações nas imagens e auxiliar nas consultas semânticas.

2.3.2 Linguagem OWL

Ontology Web Language (OWL) foi projetada pela W3C para atender as necessidades das aplicações para a web semântica. A intenção do OWL é representar termos e seus relacionamentos de forma ontológica. OWL possui três linguagens, em ordem crescente de expressividade: OWL Lite, OWL-DL e OWL Full.

OWL Lite é o nível mais simples da linguagem, com o intuito de ser utilizado em situações onde uma simples hierarquia de classe e de restrições é necessária, oferecendo suporte de migração de taxonomias para o formato da ontologia.

OWL DL é muito mais expressivo que OWL Lite e é baseado em *Description Logics* (DL), permitindo realizar verificações automáticas de raciocínio e mecanismos de inferência. Com isso, é possível automaticamente computar a classificação hierárquica e checar por inconsistências em uma ontologia no nível OWL-DL.

OWL Full é o nível de maior expressividade se propõe a ser utilizado quando uma maior expressividade detém maior importância do que completude. Em OWL Full não podem ser feitas verificações automáticas de raciocínio.

2.4 RACIOCINADOR

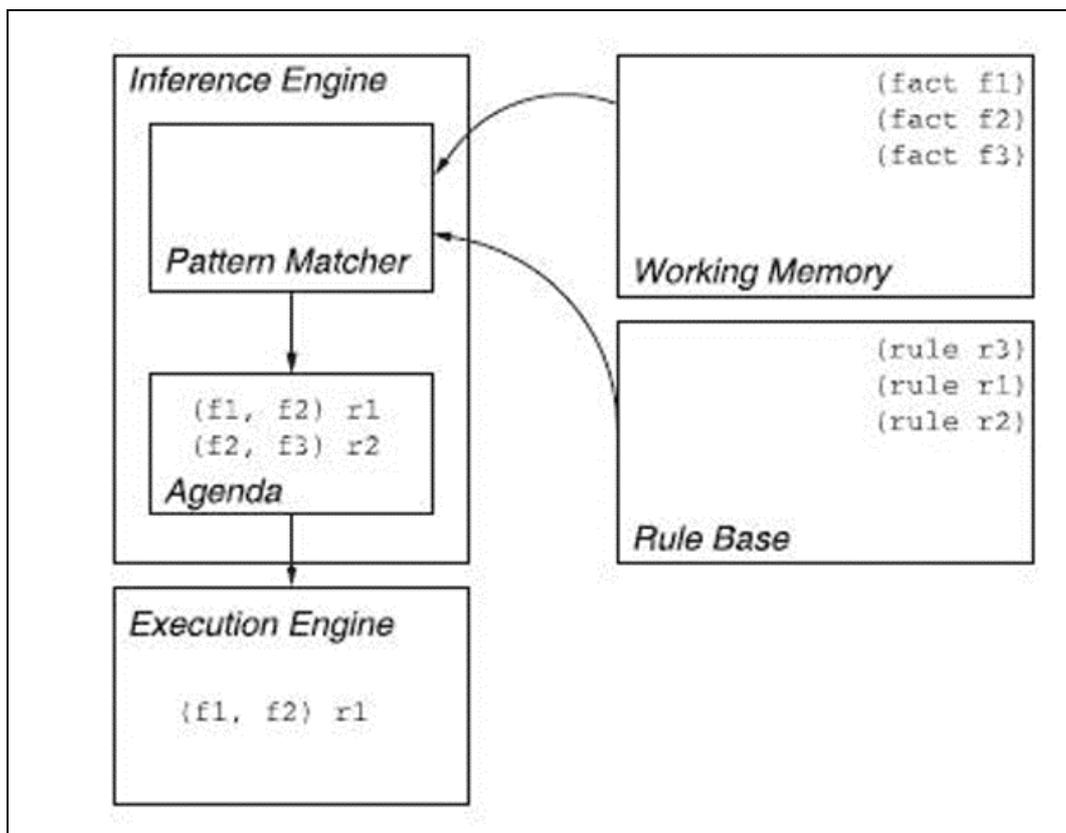
Os raciocinadores (*reasoners*) são utilizados para verificação de consistência (identificação de classes equivalentes e inválidas) de uma base de conhecimento e utilizados também para realizar a classificação da base semântica.

A verificação de consistência garante que a ontologia não contém fatos contraditórios e a possibilidade de uma classe conter instâncias. Classificação que corresponde a relação existente entre classes e verifica a qual classe determinada instância pertence. A utilização de

uma ontologia para estruturação e organização dos dados em conjunto com um raciocinador capacitam a criação de pesquisas semânticas.

2.4.1 JESS

Um dos exemplos de *reasoners*, e utilizado no protótipo, é o Java Expert System Shell (JESS), *framework* implementado em Java para comandos em linguagem lógico-declarativa. O JESS foi desenvolvido na Sandia National Laboratories, California e utiliza uma sintaxe parecida com o LISP e foi inspirado na linguagem CLIPS voltada para a criação de sistemas especialistas.



Fonte: Adaptado de Friedman-Hill (2003, p.20).

Figura 4 – Arquitetura do JESS

A arquitetura do JESS, mostrada na figura 4, pode ser estruturada em três componentes

distintos: o motor de inferência (*inference engine*), a base de regras (*rule base*) e a base de fatos (*fact base*) (FRIEDMAN-HILL, 2003, p. 19).

O motor de inferência controla o processo de aplicar regras na base de fatos para obter os resultados da inferência. O motor de inferência de uma forma cíclica dividido em três partes: *pattern matcher*, *the agenda* e motor de execução. No *pattern matcher* é feito a comparação das regras para com a base de fatos, decidindo quais devem ser ativadas. Essa lista desordenada de regras, juntamente com as regras existentes nos ciclos anteriores, é processada pela *agenda*, que processa uma ordenação das regras de acordo com uma estratégia de ordenação, esse processo é chamado de resolução de conflito. Como complemento do ciclo, a primeira regra da *agenda* processa, podendo alterar a base de fatos, iniciando o ciclo novamente (FRIEDMAN-HILL, 2003, p. 20).

A base de regra contém todas as regras que o sistema conhece, servindo não somente como armazenamento de regras, mas possibilitando também a criação de estruturas de dados indexados com capacidade de aperfeiçoar a velocidade de processamento de uma regra. A base de fatos, também conhecida como *working memory* (memória de trabalho), contém todas as informações utilizadas pelo sistema baseado em regras.

O Protégé tem um *plugin* de integração com o JESS para o seu ambiente: o JESSTab. O JESSTab contém um console JESS em uma aba do Protégé e uma série de extensões do JESS para permitir mapear as bases de conhecimento do Protégé para fatos de JESS, possibilitando a manipulação em bases de conhecimento (por exemplo, instanciar classes e alterar valores de propriedades).

A figura 5, demonstra uma imagem da aba do JESSTab no Protégé com uma lista de fatos.

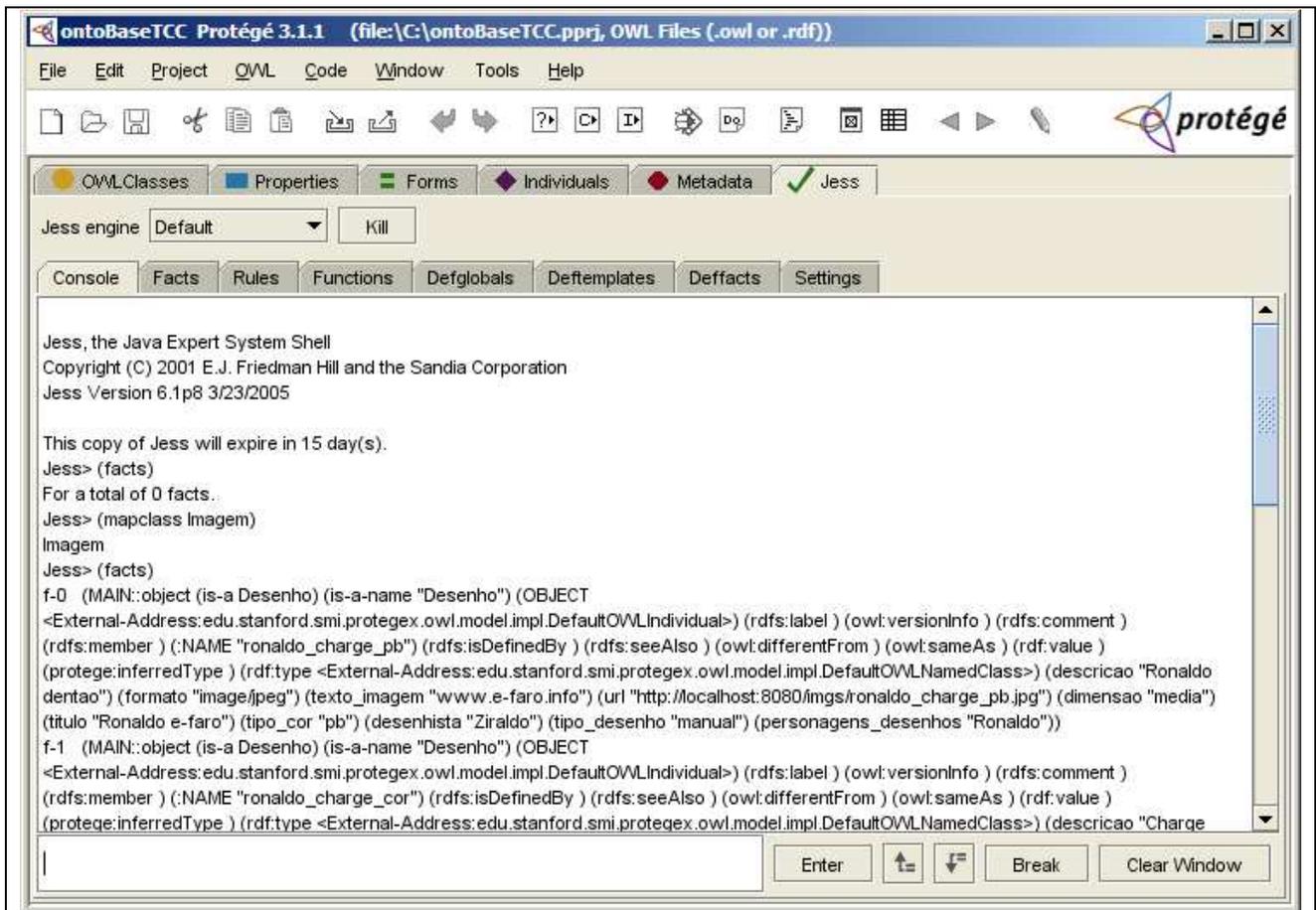


Figura 5 – Console do JESSTab com uma lista de fatos

2.5 MOTORES DE BUSCA

Motores de busca são programas de computador que recuperam documentos ou dados de uma base de dados ou da Internet. Existe uma variedade de motores de busca na web que permitem encontrar quase tudo. A maior parte deles tem acesso gratuito e variam de acordo com a informação pretendida.

Segundo Mota e Gomes (2004), fazem parte de um motor de busca três componentes: um *crawler*, um indexador e um servidor de *query*. O *crawler* recolhe páginas da web. O indexador processa os documentos recuperados e representa-os numa estrutura de pesquisa de dados eficiente. O servidor de *query* aceita o pedido do usuário e devolve páginas de resultado comparando-as com a estrutura de pesquisa de dados.

2.5.1 Crawler

Um *web crawler* pode ser descrito como um programa que coleta dados automaticamente da web, seguindo os *links* extraídos de documentos web. Também conhecido como *spider* ou *robot*, o *crawler* tem seu nome originado do sentido figurado, esses programas aparentam “rastejar” pelo ciberespaço, à procura de sites e das respectivas paginas. Sua denominação alternativa (“*spider*” = aranha) possui também sentido figurado, ou seja, o de uma aranha percorrendo uma rede, no caso a Internet, em busca de “alimentação”, ou seja informação (VENETIANER, 1999, p. 263).

Os programas *crawlers* tornaram-se o meio mais popular de procurar informação na Internet, visto possuírem modelos de tratamento da informação. Um dos modelos mais conhecidos é o booleano, que ao combinar os operadores lógicos ‘e’, ‘ou’ e ‘negação’ dos termos pesquisados, recupera informação correspondente à consulta solicitada. Outro é o modelo de espaço vetorial, que consiste na transformação dos textos e das consultas em vetores de palavra para processar a informação pretendida por ordem de relevância. Existem ainda os modelos probabilísticos, indexação semântica, redes neurais e algoritmos genéticos com lógica difusa.

De acordo com a estrutura da web, onde não existe metadados para descrição dos dados, o resultado obtido pelo *crawler* não possui verificação de relevância conforme a necessidade das pesquisas efetuadas. Existe ainda o *focused-crawler*, que tem o objetivo de realizar extração de dados de acordo com um contexto determinado, focar no contexto significa preferir *links* no processo que aparentam apontar para os documentos mais relevantes.

Existem diversas ferramentas disponíveis para criação de *focused-crawler* baseadas em ontologia. Uma delas é o KAON RDF *Crawler* que está presente no KAON (Karlsruhe

Ontology and Semantic Web Tool Suite), desenvolvido na Universidade de Karlsruhe, Alemanha e tem sua distribuição baseada em *open-source*, ou seja, pode ser embutido e utilizado em outros programas. O KAON é uma infra-estrutura de manipulação de ontologia voltada para a web semântica. O RDF *Crawler* utiliza sua recuperação de dados baseado em conteúdo RDF presente em páginas web. Ele aceita parâmetros de configurações antes de sua inicialização destacando como exemplos, a profundidade de pesquisa a ser percorrido, a lista de paginas pré-definidas por onde ele irá percorrer, pesquisando e armazenando os dados obtidos no processo.

O KAON RDF *Crawler* é utilizado no sistema desenvolvido para percorrer os *links* e determinar quais os locais onde os dados devem ser extraídos.

2.6 ANOTAÇÃO

Anotação (*tagging*) é o processo de incluir conteúdo semântico nos documentos web, atribuindo ao texto uma relação com sua descrição semântica. Anotações são comentários, notas que podem ser anexados a qualquer documento web ou somente a uma parte do documento. São metadados, pois provêm informações adicionais sobre um dado existente (o recurso anotado).

Como destacado anteriormente, as páginas HTML têm soluções paleativas como a inclusão de *metatags* nos documentos. Essas *tags* têm a limitação de disponibilizar informações globais sobre o documento e devem ser efetuados pelo criador da página.

O Annotea Project é um sistema de anotação proposto pelo W3C e implementado no editor/*browser* Amaya. O Annotea usa RDF para apontar o local na página que foi anotado e captura data, hora, autor e texto da anotação, que consiste em um arquivo XHTML.

The image shows three Notepad++ windows displaying code for annotations. The top window, titled 'annot.index', contains two lines of text: a URL pointing to a file on a local drive and another URL pointing to a file on 'www.inf.furb.br'. The middle window, titled 'indexpPsLKB', shows an RDF file with XML namespaces, a description, and various metadata fields like 'r:type', 'r:resource', 'a:annotates', 'a:context', 'd:title', 'd:creator', 'a:created', and 'd:date'. It also includes a body element pointing to another file. The bottom window, titled 'annotD2F0uA.html', shows an XHTML document with a title 'Annotation of DSC - Departamento de Sistemas e Computação' and a body containing two paragraphs: 'Anotação criada na página do Departamento de Sistemas e Computação da FURB.' and 'Matheus Trevizan'.

```

C:\Documents and Settings\Administrador\amaya\annotations\annot.index
1 http://www.w3.org/ file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador/amaya/annotations/indexk4yLTs
2 http://www.inf.furb.br/ file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador/amaya/annotations/indexpPsLKB
3

C:\Documents and Settings\Administrador\amaya\annotations\indexpPsLKB
5 xmlns:http="http://www.w3.org/1999/xr/http#"
6 xmlns:d="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
7 <r:Description>
8 <r:type r:resource="http://www.w3.org/2000/10/annotation-ns#Annotation" />
9 <r:type r:resource="http://www.w3.org/2000/10/annotationType#Comment" />
10 <a:annotates r:resource="http://www.inf.furb.br/" />
11 <a:context>http://www.inf.furb.br/#xpointer(/html[1]/body[1]/table[1]/tr[2]/td[1]/table[1]/tr[1]/td[3]/table[1]
12 <d:title>Annotation of DSC - Departamento de Sistemas e Computação</d:title>
13 <d:creator>Administrador</d:creator>
14 <a:created>2006-05-29T15:52:11-03:00</a:created>
15 <d:date>2006-05-29T15:52:36-03:00</d:date>
16 <a:body r:resource="file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador/amaya/annotations/annotD2F0uA.html" />
17 </r:Description>
18 </r:RDF>
19

C:\Documents and Settings\Administrador\amaya\annotations\annotD2F0uA.html
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<title>Annotation of DSC - Departamento de Sistemas e Computação</title>
</head>
<body>
<p>Anotação criada na página do Departamento de Sistemas e Computação da
FURB.</p>
<p>Matheus Trevizan</p>
</body>
</html>

```

Figura 6 – Arquivos do Annotea

O Annotea divide sua anotação em três arquivos separados, conforme demonstrado na figura 6. O arquivo na parte superior é o arquivo de indexação de todas as anotações existentes no servidor. Nele existe uma declaração simples de endereço URL e de qual o arquivo local que contém a anotação, no exemplo da figura, o endereço “www.inf.furb.br” contém uma anotação armazenada dentro da pasta “amaya/annotations/indexpPsLKB”, nome e localização criados pelo Annotea. O arquivo demonstrado na figura na parte central é o arquivo RDF que contém a anotação, nele está descrito sobre o que se refere a anotação e aponta para um arquivo XHTML que contém o texto a ser mostrado na anotação. Esse arquivo XHTML está exemplificado na figura na parte direita, onde existe um arquivo XHTML com uma descrição da anotação.

As anotações podem ser armazenadas localmente (na máquina do usuário) ou em

servidores específicos de anotações para disponibilidade de acesso. Quando um *browser* com capacidade de processar dados do Annotea, no caso o Amaya, carrega uma página é feita uma varredura na lista de servidores Annotea para verificar se existe anotações para a página requerida. Caso exista, as anotações são carregadas e ícones com *links* são mostrados nos locais apropriados do documento. A anotação efetuada pode ser acessada através desses *links*.

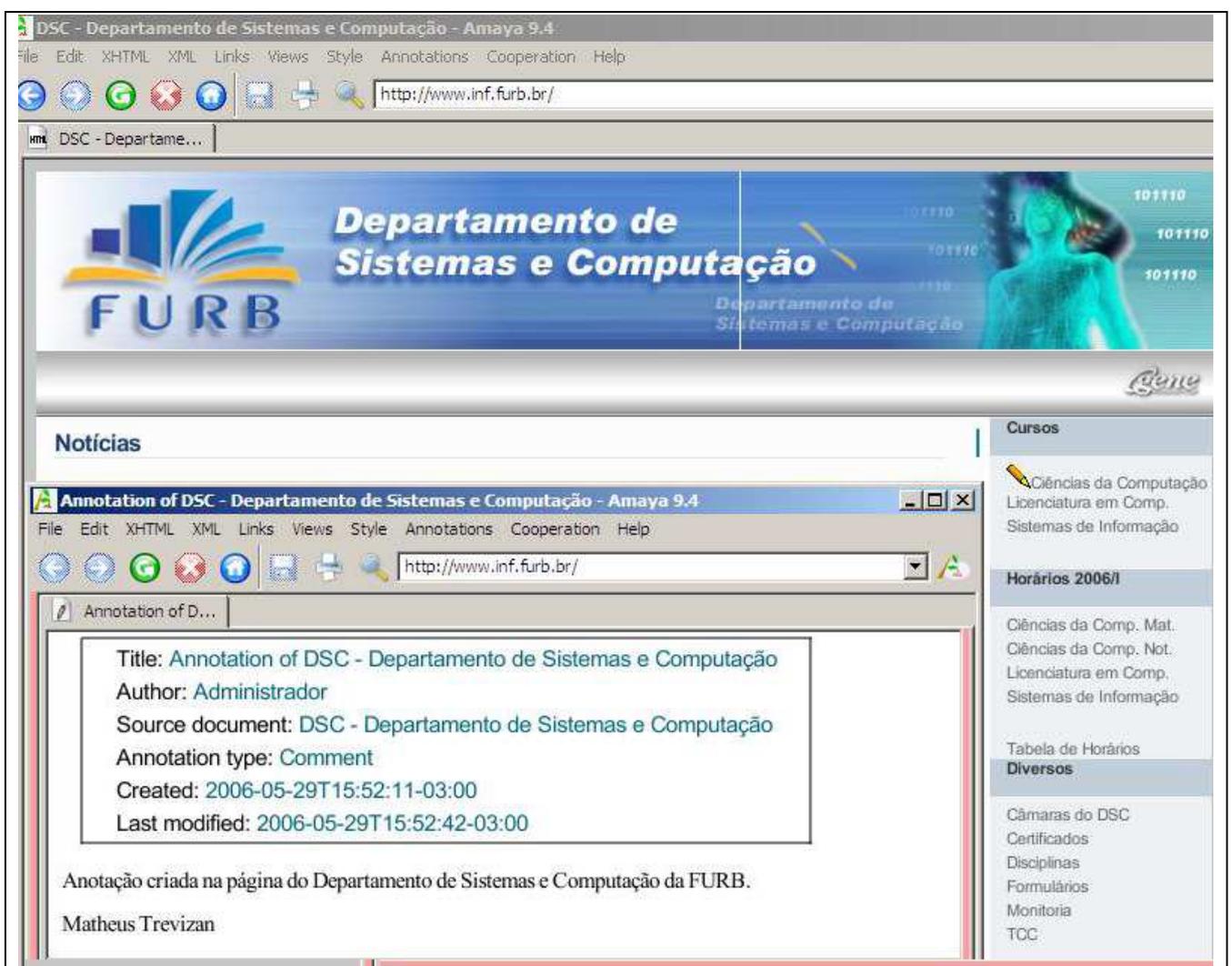


Figura 7 – Anotação visualizada através do *browser* Amaya

A maior parte dos sistemas de anotação defende a criação de metadados pelo criador da informação, adicionando metadados em seus arquivos com formatações diversas. O Annotea permite que os documentos web sejam anotados independentemente, ou seja, sem a

necessidade de editar o documento (não necessita ter acesso de escrita ao documento).

2.7 IMAGENS

Atualmente, a grande maioria das pesquisas feitas na Internet baseia-se em informações puramente textuais (HALASCHEK-WIENER, 2005). Entretanto a informação está disponível em diversos formatos de mídias, como arquivos de imagens, sons etc.

Com o advento das câmeras digitais e da própria necessidade de compartilhar imagens, surgiram diversos formatos de arquivos de imagens, que além de comprimir os dados para facilitar a transmissão, foram projetados com a existência de uma série de cabeçalhos para armazenamento de informações complementares a imagem. Na figura 8, pode ser verificado algumas características e suporte de metadados oferecidos pelos tipos de imagens mais comuns.

Nome	TIFF - Tagged Image File Format	GIF - Graphics Interchange Format	JPEG - Joint Photographic Expert Group / JFIF - JPEG File Interchange Format	JP2-JPX/JPEG2000	Flashpix	ImagePac, PhotoCD	PNG - Portable Network Graphics	PDF - Portable Document Format
Extensão	.tif, .tiff	.gif	.jpeg, .jpg, .jif, .jif	.jp2, .jpx, .j2k, .j2c	.fpx	.pcd	.png	.pdf
Suporte a web	Plug-in ou aplicativo externo	Native since Microsoft Internet Explorer 3, Netscape Navigator 2	Native since Microsoft Internet Explorer 2, Netscape Navigator 2	Plug-in	Plug-in	Java applet ou aplicativo externo	Native since Microsoft Internet Explorer 4, Netscape Navigator 4.04	Plug-in ou aplicativo externo
Suporte a metadados	Conjunto básico de anotações rotuladas	Campo de comentário, obrigatoriamente texto.	Campo de comentário, obrigatoriamente texto.	Conjunto básico de anotações rotuladas	Conjunto extenso de anotações rotuladas	Através de bases de dados externas, não permite metadados	Conjunto básico de anotações rotuladas, acrescido de anotações definidas pelo usuário	Conjunto básico de anotações rotuladas
Comentários	Múltiplas imagens em um único arquivo	Deve ser substituído pelo PNG. Suporte a transparência para a maioria dos browser web.	Grande suporte via browser web.	Múltiplas resoluções, display progressivo, região de interesse		Capacidade de 5 ou 6 resoluções de cada imagem.	Deve substituir o GIF devido ao seu crescimento no mercado	Utilizado principalmente para impressão e visualização de múltiplas páginas. Grande uso governamental.

Figura 8 – Tipos de imagens comuns

Conforme Halaschek-Wiener (2005), em arquivos de imagem Joint Photographic Experts Group (JPEG), além da imagem em si, existe uma série de campos que contém informações que identificam a imagem, como por exemplo: data da fotografia; marca e modelo da câmera através da qual a fotografia foi obtida; resolução da imagem; campo de descrição da imagem. Esses dados também conhecidos como metadados são armazenados em protocolo. Uma das padronizações destes protocolos é o Exchangeable Image File (EXIF)

criado pela Japan Electronic Industry Development Association (JEIDA).

O valor de repositórios de fotos digitais aumenta consideravelmente quando usuários investem em criar anotações para suas imagens. Anotações têm o poder de transformar coleções aleatórias de imagens em base de conhecimento. Conforme Weinberger (2004, p. 3), através dos protocolos de informações existentes nas imagens pode-se realizar anotações adicionais nas imagens com dados semânticos sobre o conteúdo das mesmas, criando possibilidade de realização de consultas semânticas nas imagens.

2.7.1 Obtenção de dados sobre imagens

Weinberger (2004, p. 3) defende a idéia de que existem seis formas computacionais de se obter dados de imagens:

- a) anotação manual: com o auxílio de um vocabulário de palavras-chave são relacionados os termos manualmente nas imagens conforme o seu conteúdo;
- b) anotação *on-location*: capacidade de retirar dados gerados automaticamente no momento em que foi efetuada a imagem. Atualmente existem máquinas digitais com capacidade de gerar dados para as imagens com o intuito de auxiliar na sua identificação. Por exemplo: data, hora, localização da foto através de GPS, se foi utilizado o flash ou não;
- c) *data mining*: *data mining* ou mineração de dados tem a capacidade de obter dados sobre uma determinada base de conhecimento. Com a capacidade de integrar várias bases de conhecimentos para que através da combinação de fontes de informação possa ser geradas anotações em imagens automaticamente. Em Smith, Carr e Hall (2005) é dado o exemplo da possibilidade de obter dados entre a relação de determinadas fotos de um fotógrafo com uma base de informação onde

é armazenado o calendário do fotógrafo. Sabendo através do calendário onde o fotógrafo estaria pode-se anotar o local e data da fotografia. A mineração de dados também pode ser utilizada em pesquisas de textos ao redor da imagem como é efetuado pela Pesquisa de imagens do Google;

- d) reconhecimento de cena: busca por similariedade em cores para identificar fotos em um ponto de vista particular. por exemplo o constraste de areia e céu para uma praia.
- e) reconhecimento facial: a quinta forma é o reconhecimento facial que se resume em reconhecer determinada pessoa através de uma imagem de sua face. São inúmeras as dificuldades de se obter bons resultados atualmente, apesar de todos os estudos efetuados na área. Os principais problemas são decorrente das grandes possibilidades de ângulo e luminosidade que atrapalham no reconhecimento.
- f) rede social: a rede social se resume em compartilhamento de fotos através de uma rede social que distribui o trabalho de anotação em várias pessoas.

O protótipo visa a utilização em conjunto da anotação manual e rede social para reproduzir dados em imagens.

2.7.2 Anotação em imagens

O objetivo da anotação em imagens é criar significados semânticos e associá-los a uma imagem. De acordo com Freitas e Torres (2005), o processo de anotação em imagens costuma ser ineficiente em decorrência da falta de padrão para gerar as anotações, pois não existe a preocupação de em utilizar palavras semelhantes às usadas anteriormente para determinada característica da imagem. Acrescentando-se a possibilidade de dois usuários distintos utilizarem palavras diferentes para uma mesma característica. A falta de padronização

prejudica consideravelmente o desempenho dos tradicionais sistemas de busca por palavras-chaves, uma vez que a pesquisa é feita baseada na igualdade entre as palavras anotadas e as fornecidas como parâmetros da busca. A anotação de imagens utilizando ontologias consiste em atribuir a uma imagem um conceito pertencente a uma ontologia. Utiliza-se a mesma idéia da anotação baseada em palavras-chave, mas o vocabulário é limitado através da ontologia.

Segundo Kustanowitz e Shneiderman (2005?), as técnicas de anotação em imagens podem ser agrupadas em três categorias distintas, com vantagens e desvantagens próprias: manual, semi-automática e automática.

2.7.2.1 Anotação manual

A maioria dos pacotes de software (Adobe Photoshop, Album, ACDSee, Google Picasa, etc.) e serviços web de armazenagem de fotos, como o Yahoo, Snapfish e Ofoto) usam anotações manuais. De acordo com Hove (2004), a principal vantagem da anotação manual é o alto poder de expressão que pode ser adicionado a uma imagem, seja usando palavras-chave ou textos livres.

Sobre estas anotações manuais é possível facilmente fazer pesquisas com motores de buscas de forma a encontrar a imagem procurada. Entretanto, a anotação manual tem três dificuldades na sua implementação: subjetividade, volume e explicabilidade. Subjetividade se destaca visto que descrições textuais e anotações são processos manuais. A combinação de ricas imagens com diferentes percepções humanas faz com que dois indivíduos tenham percepções diferentes sobre uma mesma imagem, tendo como resultado a descrição subjetiva ou incompleta.

O segundo problema surge quando existe um volume muito grande de imagens para serem anotadas. Neste caso o trabalho pode ser muito tedioso e consumir muito tempo para a

sua conclusão, segundo estudos o tempo de anotação de indexação é de quarenta minutos por imagem (HOVE, 2004, p. 2). Finalmente, enquanto descrições baseadas em texto têm um grande poder de expressão, existem algumas limitações na descrição de objetos em palavras. Um dos exemplos da explicabilidade é a determinação de cor, enquanto algumas pessoas podem falar que determinada cor é diferente de outra, outras pessoas dirão que a cor é “mais” ou “menos” fortes que outras.

2.7.2.2 Anotações semi-automáticas

Anotações semi-automáticas começam com um processo manual, normalmente um mais fácil e natural, como a anotação em voz. Um arquivo de voz pode conter muitas informações complementares a imagem e pode ser utilizado numa pesquisa através de algoritmos reconhecimento de voz, apesar da imprecisão desses mecanismos.

2.7.2.3 Anotações automáticas

A grande vantagem das anotações automáticas é de não possuir intervenção humana, como é o caso das máquinas fotográficas que anotam data/hora, modelo, latitude e longitude automaticamente na imagem. Além disso, existem diversos programas de reconhecimento de imagens que automatiza o trabalho de descrição da imagem através da análise de cores e texturas. Quando as anotações automáticas são feitas sobre informações não subjetivas, normalmente o índice de acerto é muito alto e ela é uma ótima opção, mas quando existem dados subjetivos numa imagem, a ocorrência de erros de avaliação pode inviabilizar seu uso.

2.8 TRABALHOS CORRELATOS

Em Bonifacio (2002) é dada uma visão geral sobre consulta semântica com a utilização de ontologias. Evidencia os resultados da pesquisa realizada em linguagens e ferramentas para manipulação de ontologias. Posteriormente, destaca uma implementação de representação de conhecimento utilizando ontologias para um caso de dimensão e complexidade realistas, o Currículo Lattes, modelo de currículo utilizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Todo o processo de desenvolvimento dessa ontologia é descrito neste documento, incluindo ferramentas e linguagens utilizadas para sua implementação.

Alguns projetos estão sendo feitos em relação a pesquisas semânticas em fotos ou imagens, dentre eles se destacam: O projeto Confoto (CONFOTO, 2005) que tem como objetivo compartilhar fotos de conferências criando anotações nas imagens com informações sobre os eventos e pessoas presentes. E o Flickr (FLICKR, 2005) é uma aplicação de gerenciamento e compartilhamento online de fotos, com capacidade de gerar anotações em imagens e realizando pesquisas através destes dados.

3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Este capítulo tem por objetivo detalhar as etapas para o desenvolvimento do protótipo, iniciando com a descrição dos requisitos do sistema, tanto funcionais quanto não-funcionais. Após o levantamento de requisitos é detalhada a especificação, a implementação e aspectos da operacionalidade do sistema.

O protótipo desenvolvido neste trabalho tem o objetivo utilizar na prática algumas tecnologias referentes a web semântica, especificamente ontologias, voltadas para gestão e engenharia do conhecimento. O protótipo tem como estudo principal apresentar consulta semântica, através de regras de inferência, em uma base de conhecimento gerada utilizando uma ontologia para armazenamento, organização e manutenção dos dados sobre imagens e gerando anotação semântica sobre as mesmas. O protótipo também simula um *crawler* para realizar varreduras na rede mundial recuperando imagens que já estejam previamente anotadas.

3.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A aplicação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) inicializar o *crawler* através de um arquivo de configurações, onde pode-se escolher *sites* iniciais e profundidade do *crawler* (requisito funcional - RF);
- b) adquirir conhecimento a partir das imagens, baseado na ontologia utilizada no trabalho (RF);
- c) possibilitar a execução de inferência e consultas na base de conhecimento recuperada (RF);
- d) portabilidade: oferecida pela tecnologia Java (requisito não-funcional - RNF).

3.2 OPERACIONALIDADE

Na figura 9, está explícita a operacionalidade do sistema e como são os seus relacionamentos com os outros componentes utilizados. Pode-se observar três etapas distintas: imagem anotada, aquisição de conhecimento e consulta semântica na ontologia. A anotação, considerada no protótipo como pré-condição, tem como funcionamento a utilização do RDFpic juntamente com a ontologia para gerar metadados para as imagens. Após a anotação ser efetuada as imagens são disponibilizadas na Internet (etapa 1).

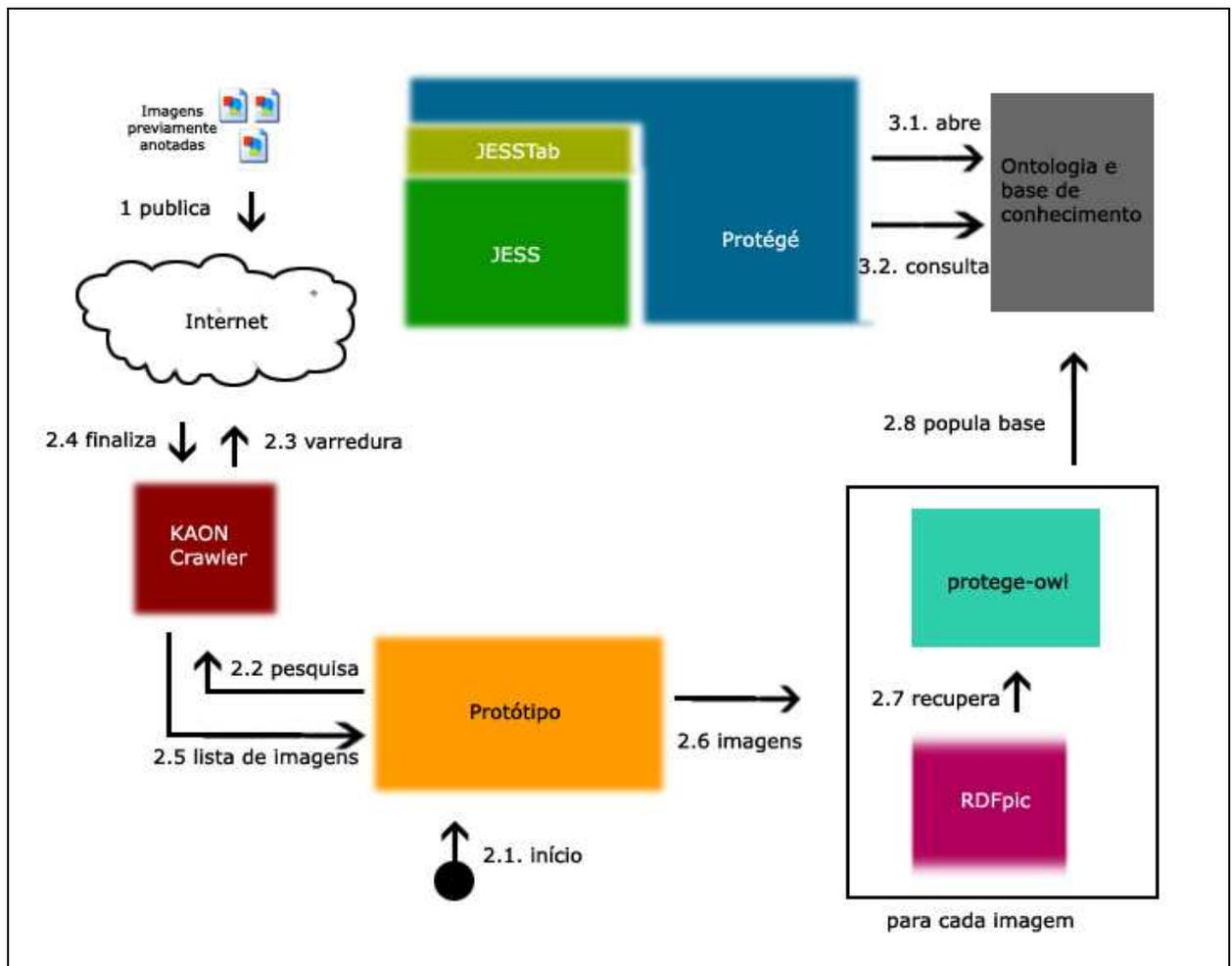


Figura 9 – Operacionalidade do sistema

A segunda etapa, descrita como aquisição de conhecimento, tem como funcionalidade principal percorrer a Internet verificando as imagens e retirando dados das mesmas. Isso

ocorre com a utilização do *KAON Crawler* que faz a varredura e a pesquisa (etapas 2.2 a 2.5). Após encontrar as imagens o *crawler* repassa ao protótipo a lista para verificação dos dados, o protótipo faz a recuperação dos dados através da etapa 2.7. Cada imagem é verificada e os dados recuperados populados na base de conhecimento. Após a finalização dessa tarefa é utilizado o Protégé para, juntamente com o JESS, possibilitar a manipulação da ontologia através de regras de inferência (etapas 3.1 e 3.2).

3.3 ESPECIFICAÇÃO

O projeto utiliza a metodologia de desenvolvimento espiral, onde a especificação e implementação são realizadas em conjunto. Para a especificação do sistema foi utilizada a ferramenta Java *UML Modeling Tool* (JUDE), utilizando a notação *Unified Modeling Language* (UML).

Para efetuar o levantamento dos requisitos que o protótipo deve atender, inicialmente foram identificados os principais casos de uso do protótipo, os casos de uso são representados na figura 10.

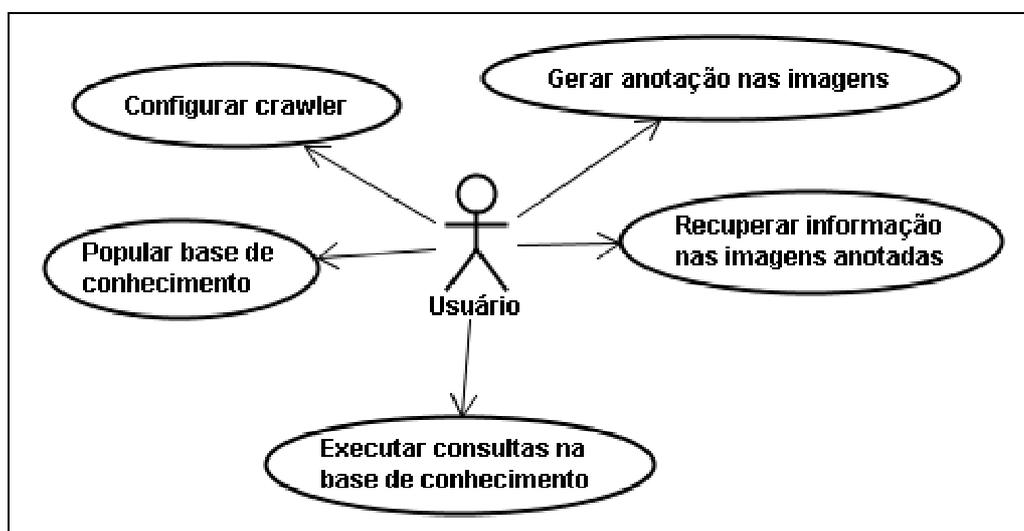


Figura 10 – Diagrama de casos de uso

O sistema se subdivide em duas grandes etapas: a aquisição de conhecimento e a consulta semântica sobre a base de conhecimento. A figura 11 mostra o diagrama de seqüência da consulta semântica realizada através de regras de inferência.

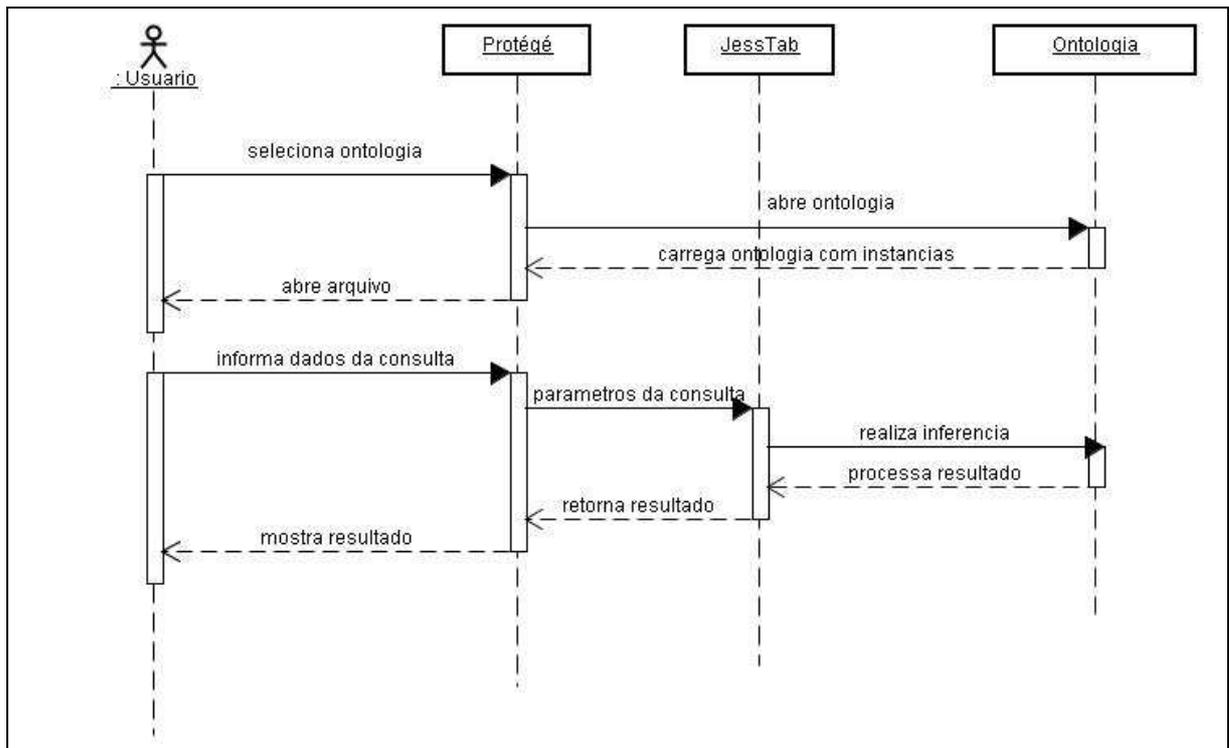


Figura 11 – Diagrama de seqüência da consulta semântica

O diagrama demonstra as mensagens trocadas entre as partes envolvidas na consulta semântica: Protégé, JESSTab e ontologia.

Abaixo segue o fluxo do processo:

- a) o Protégé é utilizado como ambiente para abrir e manipular a ontologia;
- b) após o ambiente abrir a ontologia, que contém a base de conhecimento recuperada pela etapa de aquisição de conhecimento, é visualizada a estrutura da ontologia juntamente com suas instâncias;
- c) como próxima etapa, o JESSTab é ativado e são realizadas consultas semânticas utilizando a linguagem JESS;
- d) o resultado das regras efetuadas aparece no console do JESSTab.

Na figura 12, está o diagrama de seqüência do caso de uso referente à varredura efetuada pelo *crawler*.

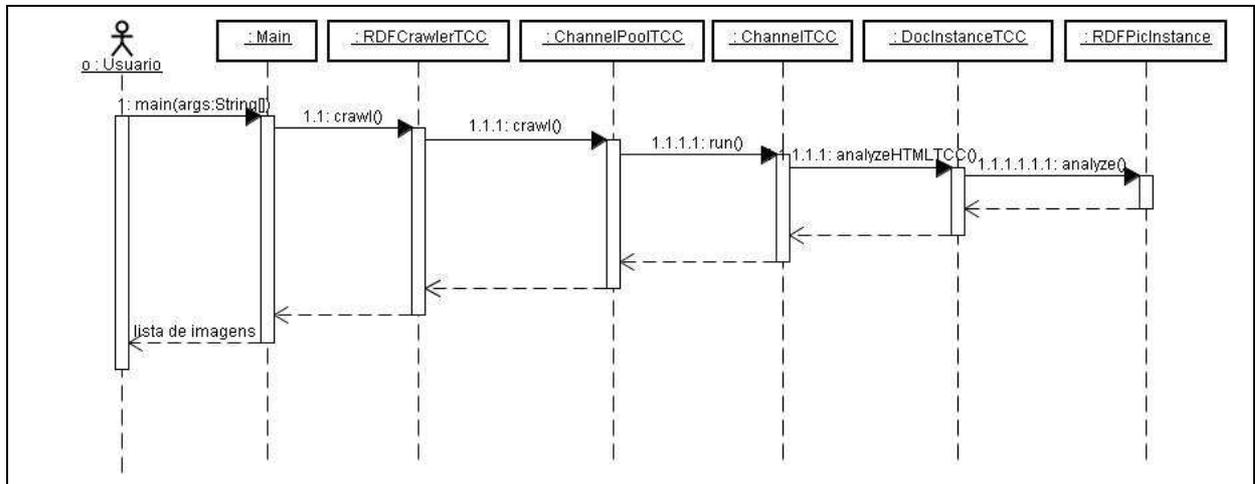


Figura 12 – Diagrama de seqüência do crawler

O diagrama de seqüência do *crawler* se destaca pelas mensagens trocadas entre o *crawler*, para percorrer todas as páginas e recuperar todas as imagens. O *RDFPicInstance* faz a análise do HTML através de expressões regulares para recuperar a URL das imagens. Como primeira etapa, ocorre a atribuição de vários parâmetros através de um arquivo de configuração. Os parâmetros são passados para o *crawler* que inicia a sua busca com várias *threads* através da classe *ChannelPoolTCC*.

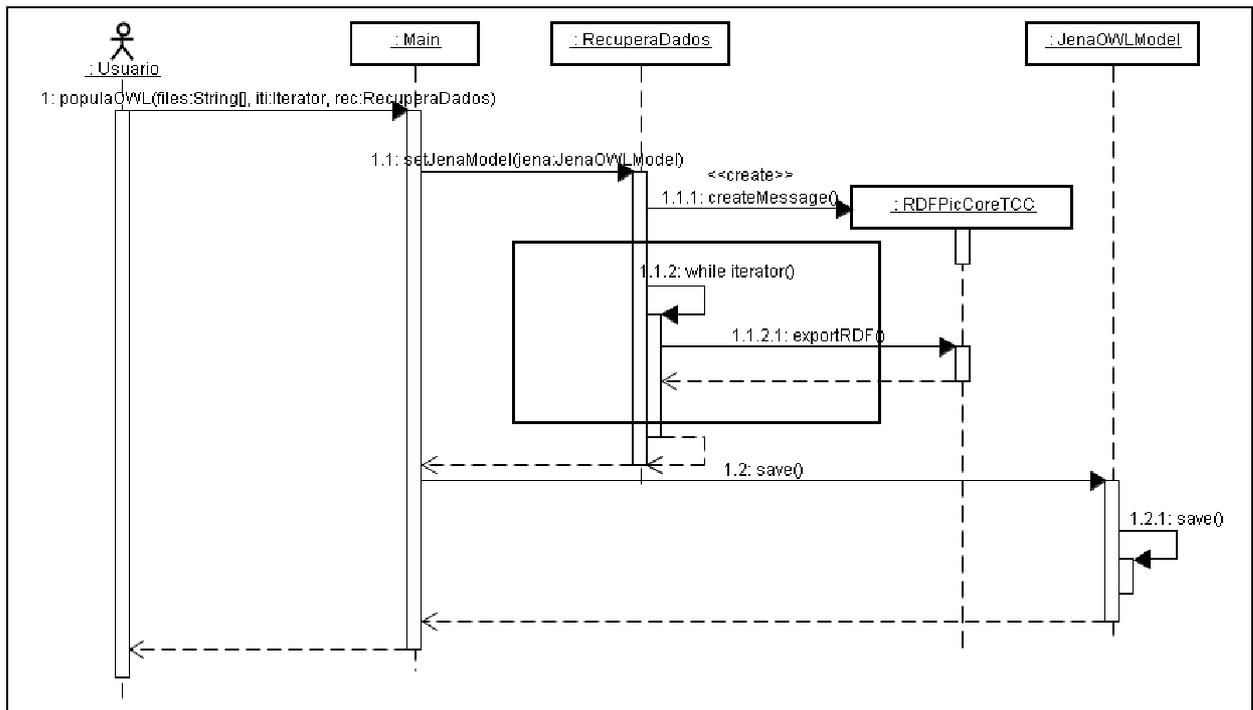


Figura 13 – Diagrama de seqüência da recuperação de dados

O diagrama de seqüência da recuperação de dados, representado na figura 13, ocorre após o sistema receber a lista de imagens resultante do *crawler*. A lista de imagens recuperada é carregada na base de conhecimento através do *RDFPicCoreTCC* que recupera os dados presentes na imagem. O sistema grava os dados na ontologia gerando a base de conhecimento baseada em ontologia na linguagem OWL possibilitado a realização de consultas semânticas. A classe *JenaOWLModel* da biblioteca *protege-owl* cria as instâncias na base de conhecimento.

Para criação das anotações nas imagens, foi utilizado o software *open-source* *RDFpic* (*RDFPIC*, 2000), criado pelo W3C e incorporado no projeto *Jigsaw*. A utilização desse *open-source* valorizou o trabalho e diminuiu o tempo de implementação, visto que o *RDFpic* já realiza a inserção e recuperação de RDF diretamente em imagens.

O RDFpic trabalha com a visualização da imagem, conforme apresentado na figura 14. Os valores são anotados de acordo com um *schema* carregado e gravado no setor de comentário do JPEG, como visto anteriormente. É a alternativa de suporte a metadados disponibilizado por este tipo de imagem.



Figura 14 – RDFpic com logomarca da FURB

A imagem destaca a anotação realizada em uma determinada imagem. Os dados são armazenados embutidos em formato RDF na imagem. Como destacado na seção 2.7 as imagens JPEG somente suportam metadados no campo de comentário.

Em princípio a ontologia aplicada no seria uma ontologia padrão para mídias, desenvolvida pelo programa MINDSWAP's Photostuff (MINDSWAP, 2003). O Photostuff é uma ferramenta para anotação manual baseado em ontologia com foco para as mídias existentes, principalmente imagens e vídeos. Sua ontologia está disponível para livre utilização em outras aplicações. Devido a necessidade de maiores informações sobre as imagens foi desenvolvida uma ontologia simplificada criando uma classificação entre imagem, desenho e foto. A figura 15 apresenta um diagrama da ontologia utilizada.

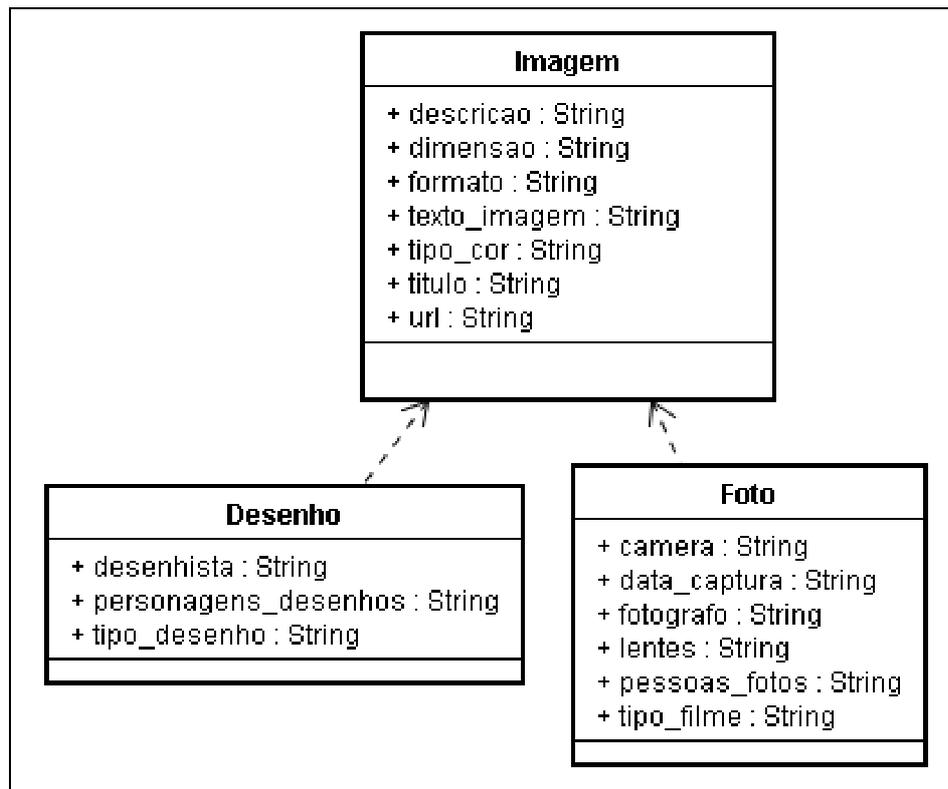


Figura 15 – Diagrama da ontologia desenvolvida

O diagrama de classes do protótipo é demonstrado na figura 16. Pode-se observar a fronteira do sistema e a utilização de outros pacotes como base para a criação do protótipo. Detalhes da implementação estão na seção seguinte.

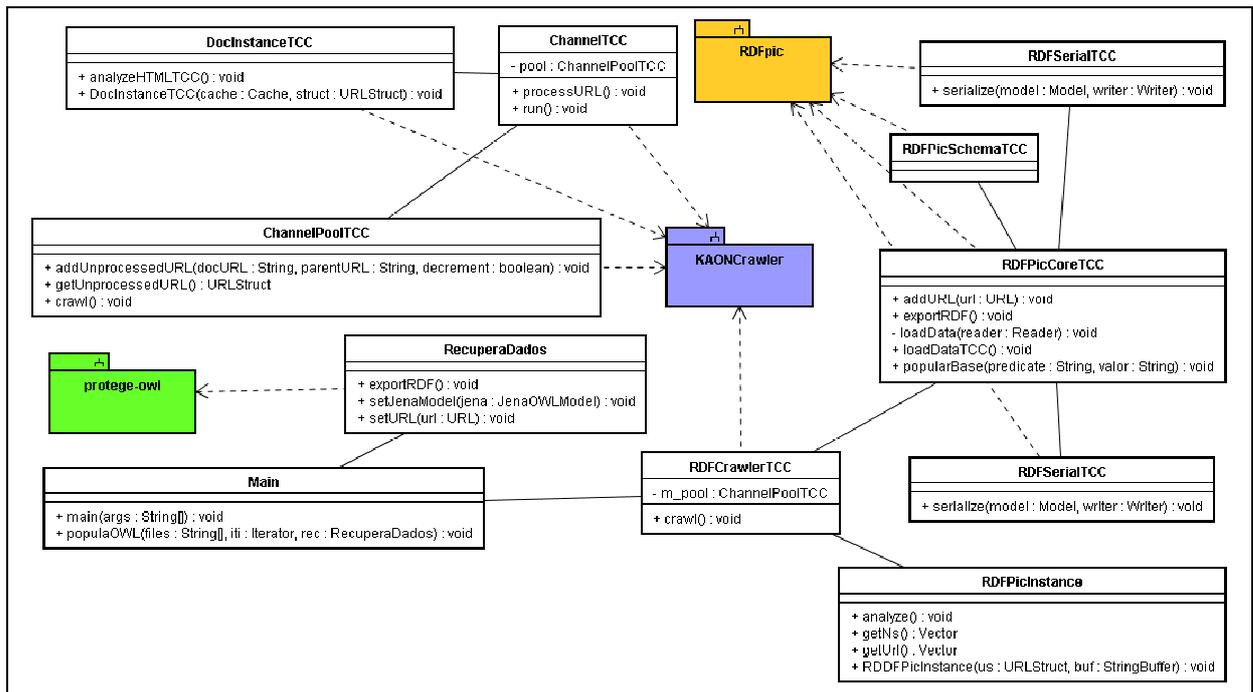


Figura 16 – Diagrama de Classes

No diagrama pode ser observado a integração efetuada entre o *KAON Crawler* e o *RDFpic*. A classe *Main* inicializa o *crawler* através do *RDFCrawlerTCC* atribuindo como parâmetro um arquivo de configuração. O *Crawler* faz a varredura na lista de sites e nos *links* dos mesmos, passando cada imagem encontrada para o *RDFPicCoreTCC* que funciona como o módulo *recover* recuperando os dados existentes nas imagens. As outras classes servem como auxiliares para manipular e alterar classes existentes dos sistemas já utilizados.

3.4 IMPLEMENTAÇÃO

Nessa seção será demonstrado detalhes da implementação do protótipo. As principais etapas relativas à implementação são relacionadas à recuperação de dados através do *crawler*, criação de regras JESS e popular a base de conhecimento.

A seção 4.3.1 apresenta as técnicas e ferramentas utilizadas na implementação, bem como trechos de códigos fontes. Na seção 4.3.2 é apresentada a operacionalidade do sistema

com sua integração entre os componentes envolvidos no protótipo.

3.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

Para o desenvolvimento foram utilizadas várias ferramentas e linguagens em conjunto. Para a programação do protótipo foi utilizada a linguagem de programação Java juntamente com o ambiente de desenvolvimento Eclipse 3.0.

O quadro 1 descreve um método do *crawler* em que ocorre a verificação das páginas HTML, utilizando expressões regulares, para recuperar as imagens e *links* existentes.

```

//recuperar dados das imagens.
public void analyze() throws Exception {
    if (s_rdfpicExtensions.contains(url.getExtension())){
        processDadosImagem(fstring.toString());
    } else {
        // expressao regular
        Pattern exp=
Pattern.compile("<(a|area|link|frame|iframe|img)\\s(?:[>]*\\s)?(href|src)\\s*=\\s*['\"]?([^\s\"'<>]+)[\"'\"]",Pattern.CASE_INSENSITIV
E | Pattern.DOTALL);
        Matcher matcher=exp.matcher(fstring);
        while (matcher.find()) {
            String res = matcher.group(4);
            URL newurl;
            try {
                newurl = new URL(base,res);
                urilist.add(newurl.toString());
            }
            catch (MalformedURLException ignore) {
            }
            processDadosImagem(res);
        }
    }
}

```

Quadro 1 – Código fonte de pesquisa do *crawler*

Em função da necessidade de manipulação da ontologia e base de conhecimento foi utilizado o Protégé 3.1. A capacidade de integração entre o Protégé com uma linguagem de inferência foi o ponto decisivo para utilizar o JESS versão 7.0 através do *plugin* JessTab.

```

(defrule pesquisa-texto
(object (:NAME ?n) (url ?url) (texto_imagem ?ti) )
(texto-pesquisa ?tp)
(test (eq ?ti ?tp) )
=>

(printout t "Regra pesquisa-texto: Imagem " ?n "
localizada na URL " ?url " tem o texto " ?tp crlf )
)

```

Quadro 2 – Código-fonte de uma regra exemplo em JESS

O quadro 2 contém uma regra JESS utilizada na base de conhecimento para recuperar as imagens que contém anotação de determinado texto. A regra faz a atribuição de valores nas variáveis e realiza uma consulta de igualdade entre o valor pesquisado e o dado contido na lista de fatos existente.

O protótipo utilizou-se de três APIs existentes para efetuar importantes etapas do trabalho: RDFpic para realizar as anotações prévias e a serialização do RDF nas imagens e a utilização do KAON *Crawler*, com o objetivo de percorrer *links* existentes nas páginas e recuperar endereços das páginas onde existiam imagens anotadas. Além disso utilizou-se da biblioteca *protege-owl* que criou possibilidade de manipulação na ontologia através da linguagem Java, criando mecanismo de popular a base de conhecimento com os dados recuperados.

```

JenaOWLModel owlModel =
ProtegeOWL.createJenaOWLModelFromReader(buf);
OWLIndividual indiv=inst.createOWLIndividual(nm_imagem);
OWLProperty prop = owlModel.getOWLProperty("url");
indiv.setPropertyValue(prop, nm_url);

```

Quadro 3 – Código-fonte criando instância na base de conhecimento

O quadro 3, demonstra um trecho de código-fonte demonstrando a criação de instância na base de conhecimento através da biblioteca *protege-owl*. No trecho é passado um buffer com o arquivo da ontologia, o modelo é criado utilizando a classe *JenaOWLModel*, é efetuado a

criação de instância através da classe *OWLIndividual*, com a propriedade *OWLProperty*.

3.5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Os testes feitos em páginas, com imagens anotadas, em servidores diferentes interligados através de *links* foram satisfatórios. Com exceção de um problema de desempenho no JessTab quando executado por um longo período de tempo. No quesito velocidade, o *crawler* desempenhou um bom papel, realizando a “varredura” em tempo real e com perfeição. O maior tempo gasto foi para popular a ontologia, visto que para isso era necessário o Protégé carregar todos os seus *plugins*.

4 CONCLUSÕES

O trabalho atingiu o seu objetivo, visto que foi efetuado um estudo amplo sobre as principais tecnologias relacionadas com a web semântica e como elas podem ser utilizadas para agregar conhecimento aos dados existentes em imagens.

O trabalho sofre algumas alterações de foco durante seu desenvolvimento, sendo possível destacar as principais razões:

- a) limitação tecnológica: a web semântica se encontra em um estado inicial sendo foco de várias pesquisas, ainda com diversas limitações;
- b) falta de bibliografia: A escassa bibliografia referente à abordagens de implementação para a web semântica, geralmente sendo feito apenas uma visão geral do assunto. A principal fonte de pesquisa para a implementação foram os programas existentes e que seriam utilizados pelo protótipo (KAON *Crawler* e RDFpic);
- c) escopo bastante amplo, houve a necessidade da criação de alguns pré-requisitos para que o protótipo funcionasse como desejado. A utilização de uma ontologia existente e as imagens anotadas com o RDFpic foram algumas dessas pré-condições.

A linguagem de programação Java proporcionou uma boa produtividade para o desenvolvimento do protótipo, visto que é a linguagem mais adotada para o desenvolvimento de projetos *open-source*, como o Protégé, KAON RDF *Crawler* e RDFpic, facilitando assim a integração entre as partes.

O aplicativo KAON continha um ambiente de gerenciamento de ontologia, mas a complexidade para sua utilização e a necessidade da realização de consultas semânticas fez com que fosse decidido utilizar o Protégé. Esse aplicativo facilitou a modelagem da ontologia

e da base de conhecimento resultante da aquisição de conhecimento, foi utilizado a versão 3.1 que está bastante estável e possui diversos *plugins* desenvolvidos, entre eles o JESSTab que possibilitou a integração com o JESS.

O bom desempenho do Protégé demonstra que existe uma vasta comunidade em todo o mundo que está desenvolvendo pesquisas para tornar a web semântica uma realidade.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

Visto que a web semântica é uma área ainda a ser totalmente explorada e em constante desenvolvimento, observamos algumas questões que podem ser indicadas como extensões neste escopo.

Geração de anotação semântica automática em imagens através de reconhecimento de cena, visto que a capacidade de verificação e reconhecimento de cena em uma imagem comparando com instâncias já existentes na ontologia. Com isso, possibilitando a aquisição de conhecimento através de aprendizagem computacional.

Especificar ontologias em nível OWL Full para desenvolvimento de aplicações com capacidade de adquirir conhecimento através de agentes, para possibilitar a geração de conhecimento sem a necessidade de inclusão de metadados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELONI, Maria T. **Organizações do conhecimento** – infraestruturas, pessoas e tecnologias. São Paulo. Saraiva, 2002.

ANTONIOU, G.; VAN HARMELEN, F. **A semantic Web primer**. London: The MIT Press, 2004.

BERNERS-LEE, Tim; HENDLER, James; LASSILA, Ora. The semantic web. **Scientific American**, Washington, n. 284, p. 34-43, may 2001. Disponível em: <<http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21>>. Acesso em: 30 set. 2005.

BREITMAN, Karin; LEITE, Julio C. S. P. Ontologias – como e porquê criá-las. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 24., 2004, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Computação, 2005, p. 3-53.

BONIFACIO, Ailton S. **Ontologias e consulta semântica: uma aplicação ao caso Lattes**. 2002. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CONFOTO: browse and annotate conference photos. [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://www.confoto.org>>. Acesso em: 12 nov. 2005.

DACONTA, Michael C.; OBRST, Leo J.; SMITH, Kevin T. **The semantic web**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2003.

FLICKR: photo sharing. [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://www.flickr.com>>. Acesso em: 12 nov 2005.

FREITAS, Frederico L. Gonçalves de. **Sistemas multiagentes cognitivos para a recuperação, classificação e extração integradas de informação da web**. 2002. 114 f. Tese de Dissertação (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FREITAS, Ricardo B; TORRES, Ricardo da S. **OntoSAIA: um ambiente baseado em ontologias para recuperação e anotação semi-automática de imagens**. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/wdl2005/RFreitasWDL05.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2006.

FRIEDMAN-HILL, Ernest. **Jess in action**. Greenwich: Manning Publications, 2003.

HALASCHEK-WIENER, Christian et al. **A flexible approach for managing digital images on the semantic web**. Washington, 2005. Disponível em: <www.mindswap.org/~chris/publications/PhotoStuffSemannot2005.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2005.

HEINZLE, Roberto. **Proposta de um modelo para sistemas de raciocínio no ambiente da arquitetura de camadas da web semântica**. 2004. 8 f. Proposta de Pesquisa (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HOLLINK, Laura et al. **Semantic annotation of image collections**. Amsterdam, 2003. Disponível em: <<http://www.few.vu.nl/~guus/papers/Hollink03b.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2005.

HOVE, Lars-Jacob. **Extending image retrieval systems with a thesaurus for shapes**. Bergen, 2004. Disponível em: <<http://www.nik.no/2004/bidrag/Hove.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2006.

KUSTANOWITZ, Jack; SHNEIDERMAN, Ben. **Motivating annotation for personal digital photo libraries: lowering barriers while raising incentives**. Maryland, 2005?. Disponível em: <<http://www.cs.umd.edu/hcil/brqlayer/papers/MotivatingAnnotation.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2006.

MASTELLA, Laura S. **Técnicas de aquisição de conhecimento para sistemas baseados em conhecimento**. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/gpesquisa/bdi/publicacoes/files/TIILSM.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

MENDONÇA, Eduardo E. F. **Extração resiliente de dados RDF a partir de fontes dinâmicas em linguagem de marcação**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Departamento de Computação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MINDSWAP. **Photostuff**. Maryland, 2003. Disponível em: <<http://www.mindswap.org/2003/PhotoStuff/>>. Acesso em: 25 abr. 2006.

MOTA, Ana M; GOMES, Patrícia. **Web information gathering**. Covilhã, 2004 Disponível em: <http://www.di.ubi.pt/~api/web_information_gathering.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2006.

PROTÉGÉ Ontology Editor. [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu>>. Acesso em: 25 set. 2005.

RDFPIC. **Jigsaw Project**. 2000. Disponível em: <<http://jigsaw.w3.org/rdfpic/>>. Acesso em: 10 fev. 2006.

SOUZA, Renato R; ALVARENGA, Lúdia. Web semantics and its contributions to information science. **Ci. Inf.**, n. 33, p. 132-141, jan/apr. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652004000100016&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 10 nov. 2005.

SILVA, Shirly C. M; COSTA, Welbson S. **Aquisição de conhecimento: o grande desafio na concepção de sistemas especialistas**. Natal, 2005. Disponível em: <<http://www.cefetsp.br/sinergia/9p8c.html>>. Acesso em: 09 mar. 2006.

SMITH, Ashley; CARR, Leslie; HALL, Wendy. **An opportunistic approach to adding value to a photograph collection**. Southampton, 2005. Disponível em: <<http://eprints.ecs.soton.ac.uk/12017/01/iswc2005.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2006.

TESCH JR., José R. **XML Schema**. Florianópolis: Visual Books, 2002.

TORESAN, Fabrício. **Estudo da aplicação de web semântica para desenvolvimento de aplicações voltadas para comércio eletrônico**. 2005. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

THURASINGHAM, Bhavani. **XML databases and the semantic web**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2002.

VENETIANER, Tom. **Como vender seu peixe na internet: um guia prático de marketing e comércio eletrônicos**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WEINBERGER, David. Point. Shoot. Kiss it good-bye. **Wired Magazine**, [S.l.], n. 12.10, p. 13-16. oct. 2004. Disponível em: <<http://www.wired.com/wired/archive/12.10/photo.html>>. Acesso em: 07 nov. 2005.