

**Aplicações de Suporte à Web Semântica**

*F. C. Santos      C. L. de Carvalho*

Technical Report - RT-INF\_004-07 - Relatório Técnico  
December - 2007 - Dezembro

The contents of this document are the sole responsibility of the authors.  
O conteúdo do presente documento é de única responsabilidade dos autores.

**Instituto de Informática**  
**Universidade Federal de Goiás**  
*www.inf.ufg.br*

# Aplicações de Suporte à Web Semântica

Fernando Chagas Santos \*  
fernandosam@gmail.com

Cedric Luiz de Carvalho †  
cedric@inf.ufg.br

**Abstract.** *The Semantic Web Support Applications are applications used to manipulate information defined in accordance with the Semantics' s Web technologies and it 's used to support the development of semantic applications. This work concepts the Semantic Web, shows scenarios where the semantic applications could act, list and compares applications used in Semantic Web Support.*

**Keywords:** Semantic Web, Web 3.0, Semantic Aplications, Web Semantics Technologies, Web Semantic Support Applications

**Resumo.** *As Aplicações de Suporte à Web Semântica são aplicações utilizadas na manipulação de informações definidas de acordo com as tecnologias da Web Semântica e no suporte ao desenvolvimento de aplicações semânticas. Este trabalho aborda os conceitos relacionados com a Web Semântica, mostra cenários em que estas aplicações poderiam atuar, lista e compara aplicações utilizadas no suporte à Web Semântica.*

**Palavras-Chave:** Web Semântica, Web 3.0, Aplicações Semânticas, Tecnologias da Web Semântica, Aplicações Semânticas de Suporte

## 1 Introdução

A simplicidade de uso da *Web*<sup>1</sup>, a flexibilidade da linguagem HTML e as ferramentas que facilitaram a visualização e a publicação de informações na *Web* foram os principais fatores que contribuíram para o seu sucesso.

O desenvolvimento da *Web* foi prejudicado, paradoxalmente, devido a alguns fatores que possibilitaram o seu sucesso, tais como a flexibilidade da linguagem HTML.

Grande parte dos documentos disponíveis hoje na *Web* estão publicados na linguagem HTML. Esta linguagem permite formatar as informações dos documentos a partir do uso de etiquetas, chamadas *tags*. Contudo o uso destas etiquetas não permite estruturar semanticamente as informações das páginas na *Web*.

A falta de semântica dos documentos (páginas *Web*) para uso por computadores<sup>2</sup> e a imensa quantidade desses documentos, tornaram o gerenciamento de informações na *Web* dispendioso.

---

\*Mestrando em Ciência da Computação - GEApIS/INF/UFG.

†Orientador - GEApIS/INF/UFG.

<sup>1</sup>A *Web* é uma plataforma de transmissão de informações com recursos multimídia, através da estrutura física da Internet.

<sup>2</sup>Sempre que o termo 'computador' surgir, será usado para especificar qualquer entidade computacional.

A *Web* é constituída por objetos e suas ligações, sendo natural para as pessoas a identificação do significado de um objeto e o tipo de relação com outros objetos, como a relação de um *Curriculum Vitae* de uma pessoa com o seu respectivo *website*<sup>3</sup>. Para o computador, entretanto, esse tipo de relacionamento entre os objetos não é natural [50].

Como reflexo da falta de semântica dos documentos, os mecanismos de busca enfrentam dificuldades para executar pesquisas por documentos que não estão diferenciados por assunto, qualidade e relevância. Além disso, agentes inteligentes, utilizados para obter informações a partir dos documentos, são limitados e possuem pouca habilidade para interagir com diferentes tipos de dados e informações [63].

Apesar de ter sido projetada para facilitar o acesso, o intercâmbio e a recuperação de informações, a *Web* foi desenvolvida de forma descentralizada, cresceu de maneira exponencial e caótica e se apresenta hoje como um imenso repositório de documentos desestruturados semanticamente [69].

Por isso, os computadores oferecem ajuda limitada no acesso e processamento da informação, deixando as funções de extração e interpretação a cargo dos usuários [11]. Além disso, a *Web* é ineficiente para transferir, localizar, acessar, apresentar e manipular conceitos definidos nos documentos de forma simples e autônoma.

A *Web* também apresenta limitações para disponibilizar informações com eficiência e qualidade para seus usuários. As informações geralmente são imprecisas e a origem delas é indeterminada ou infidedigna. Como exemplo, ao buscar por informações na *Web*, os usuários têm que ler vários documentos retornados pelo mecanismo de busca antes de obter a informação desejada e, ao conseguí-la, o julgamento sobre a validade da informação fica a critério do usuário.

O julgamento sobre a validade da informação obtida pelo usuário a partir de uma página na *Web* geralmente não considera a qualidade da informação e, mesmo que o usuário a considere, determiná-la pode demandar mais tempo que a obtenção da própria informação.

Nos últimos anos, a *Web* vem evoluindo de um espaço de publicação/consumo de documentos para um ambiente de trabalho colaborativo, onde o conteúdo digital pode ser replicado, adaptado, decomposto, fundido e transformado [60].

A Web Semântica, uma proposta para otimizar pesquisas realizadas na *Web*, busca acrescentar semântica ao atual formato de representação de dados. Desta forma, a tarefa de julgar a qualidade e a validade de um documento seria realizada de maneira eficiente e em conjunto pelas pessoas e pelos computadores.

Nesse contexto, foi proposto pelo W3C (*World Wide Web Consortium*) uma série de tecnologias para que os computadores, a partir de aplicações, sejam capazes de raciocinar e inferir sobre as informações estruturadas semanticamente na *Web* [53].

As aplicações utilizadas com o propósito de raciocinar e inferir sobre as informações na *Web* são chamadas aplicações semânticas.

Para atingir os seus objetivos, as aplicações semânticas necessitam de uma *Web* semanticamente estruturada. Esta estruturação pode ser feita a partir do uso das tecnologias da Web Semântica. Dessa forma, as Aplicações de Suporte à Web Semântica podem auxiliar na manipulação de informações definidas de acordo com as tecnologias da Web Semântica e no suporte ao desenvolvimento de aplicações semânticas.

Este trabalho tem como objetivo abordar os conceitos relacionados com a Web Semântica, mostrar cenários em que estas aplicações poderiam atuar, listar e comparar aplicações utilizadas no suporte à Web Semântica

Este texto está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os conceitos associados

---

<sup>3</sup>Um *website* (lê-se como 'web sai-te') é uma coleção de páginas *Web*, imagens, vídeos ou outros formatos digitais, normalmente acessíveis via Internet.

com a *Web Semântica* e suas tecnologias; a Seção 3 apresenta os conceitos relacionados com as Aplicações Semânticas e mostra cenários em que elas poderiam atuar e a Seção 4 lista e compara aplicações utilizadas no suporte à Web Semântica.

## 2 Web Semântica

Em um passado recente, a Internet (infra-estrutura de redes que estão globalmente interconectadas e seus canais de comunicação) era restrita aos meios acadêmicos e militares e tinha como principais serviços: a transferência de arquivos, o correio eletrônico (*e-mail*) e a emulação de terminal [11].

Em março de 1989, o físico britânico Tim Berners-Lee enviou uma proposta para o CERN (*European Center of Nuclear Research*). Sua pretensão era criar um sistema de gerenciamento de informações para facilitar o compartilhamento de documentos entre os seus colegas. A proposta de Berners-Lee foi aceita e como resultado surgiu a *World Wide Web*, ou *Web*.

Com o surgimento da *Web*, o uso da Internet generalizou-se, possibilitando a disponibilização de novos serviços na Internet.

Hoje, a *Web* é tão popular que, não raro, os seus usuários confundem-na com a própria Internet [69]. No início da *Web*, a quantidade de informações disponíveis era pequena, contudo atualmente existem mais de 80 milhões de *websites* [7].

Os serviços disponibilizados na *Web* permitem aos usuários estudar, negociar produtos, ler notícias, ouvir rádio, jogar, interagir (correio eletrônico, mensagens instantâneas, comunidades e relacionamentos, videoconferência) com outros usuários, consultar a conta corrente, recarregar créditos no celular e inúmeras outras atividades.

Para procurar por informações disponíveis na *Web*, são utilizados os mecanismos de busca. Contudo, apesar da grande quantidade de informações recuperadas, apenas parte da *Web* é pesquisada, enquanto uma parte considerável das informações ficam inacessíveis pelos mecanismos de busca (*Web Oculta*) [2].

O W3C (*World Wide Web Consortium*) [82], consórcio criado em 1994 pelo inventor da *Web* (Tim Berners-Lee), define padrões (especificações, diretrizes, software e ferramentas) e tem como objetivo a criação de uma *Web* confiável, onde as pessoas assumam a autoria e responsabilidade por suas publicações.

A Web Semântica, uma extensão da *Web* atual, possibilitará a acessibilidade, a compreensão e o gerenciamento das informações disponibilizadas na *Web*, independente da forma em que elas se apresentem (texto, som, imagem), a partir do uso dos padrões definidos pelo W3C [4].

O W3C considera seis princípios indispensáveis para a consolidação da Web Semântica [82]:

- Qualquer recurso pode ser identificado por um identificador universal.
- Os recursos e as relações podem ser tipificados.
- Tolerância à quebra de relações.
- A confiança não necessita ser absoluta.
- Permitir a evolução.
- Implementação minimalista.

Para que os computadores possam processar e compreender o significado das informações transmitidas na *Web*, os recursos disponibilizados devem possuir semântica. Desta forma, os computadores poderão procurar, processar, integrar, intercambiar e apresentar recursos de maneira inteligente. Para isso, é necessário estruturar semanticamente os recursos da *Web*. As seguintes abordagens podem ser utilizadas:

- **Top-Down (de cima para baixo)**: os agentes inteligentes extraem informações das páginas da *Web* e estruturam-nas semanticamente.
- **Bottom-Up (de baixo para cima)**: as aplicações semânticas buscam na *Web* por informações estruturadas semanticamente.

Agentes inteligentes, para a abordagem *Top-Down* já existem, como o BlueOrganizer [5] da AdaptiveBlue e o PersonalWeb [51] da Claria. O BlueOrganizer fornece uma extensão para o navegador *Firefox*, que permite organizar *websites* de interesse do usuário. O PersonalWeb altera a página inicial do navegador do usuário com informações do seu interesse.

As aplicações semânticas estão em desenvolvimento e a consolidação da abordagem *Bottom-Up* se dará quando as informações das páginas *Web* estiverem estruturadas semanticamente.

A Web Semântica possibilitará o desenvolvimento de aplicações que facilitarão a integração e o reuso de informações. Como exemplo, uma aplicação poderia filtrar informações e executar tarefas que hoje são consideradas complexas, como responder a seguinte pergunta:

Quais os hospitais na cidade de Goiânia que aceitam o plano de saúde Ipasgo?

A estruturação semântica da informação nos documentos criaria um ambiente onde as pessoas e as máquinas (os computadores pessoais ou qualquer outro dispositivo conectado na Internet) poderiam trabalhar em cooperação, deixando a cargo das máquinas qualquer tarefa que pudesse ser automatizada.

Para atingir os propósitos da Web Semântica, é necessária uma padronização de tecnologias, linguagens e metadados descritivos, de forma que todos os usuários da *Web* obedeçam a determinadas regras comuns e compartilhadas sobre como armazenar dados e descrever a informação armazenada de forma que ela seja utilizada por pessoas e máquinas de maneira automática e sem ambigüidade [69].

Apesar dos padrões *Web* terem evoluído nos últimos 5 anos [63] e iniciativas comerciais terem surgido, os esforços realizados nesta área se concentram principalmente no meio acadêmico.

O processo para a evolução da *Web* atual em uma Web Semântica pode ser demorado. O sucesso dessa nova estrutura depende da colaboração universal entre seus usuários, independentemente de diversidades étnicas, sociais e culturais.

Embora as possibilidades vislumbradas pela Web Semântica sejam empolgantes, os seguintes desafios precisam ser enfrentados:

- Estabelecer normas que definam a informação presente nas páginas *Web* de maneira simples, inteligente e universal.
- Desenvolver aplicações que consigam, de maneira autônoma, interpretar e compartilhar a informação obtida a partir de diversas e diferentes origens.
- Desenvolver aplicações que consigam gerar novas informações estruturadas semanticamente a partir da informação recebida.

- Desenvolver aplicações que possibilitem a manipulação das tecnologias da Web Semântica de forma transparente.

Para acessar, interpretar e utilizar informações estruturadas de maneira eficiente, as aplicações utilizam as tecnologias da Web Semântica, as quais são abortadas a seguir.

## 2.1 Tecnologias da Web Semântica

A Figura 1 apresenta a arquitetura estratificada da *Web Semântica*, com as suas tecnologias relacionadas.

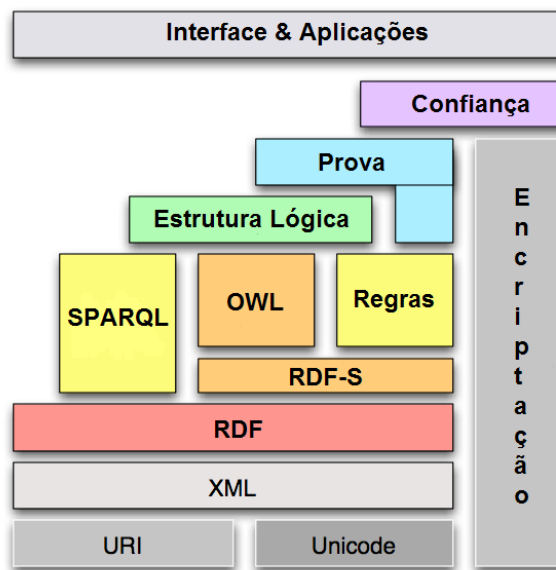


Figura 1: Tecnologias da Web Semântica [76]

As tecnologias apresentadas nas camadas inferiores da arquitetura são utilizadas como base para as tecnologias das camadas superiores. Apesar da separação, as camadas estão intimamente relacionadas, sendo difícil a análise separada de algumas camadas, tais como RDF e RDF-S, por exemplo.

A classificação das tecnologias pode ser feita de acordo com a sua maturidade, sendo apresentadas na ordem decrescente de maturidade:

- Tecnologias normatizadas: as tecnologias Unicode[22], URI (*Universal Resource Identifier*) [79] e XML[80] estão nas camadas inferiores da pilha.
- Tecnologias recém-normatizadas: as tecnologias RDF[31], RDF-S[31] e OWL[65], estão no centro da pilha.
- Tecnologias experimentais: as tecnologias SPARQL[81], Regras, Estrutura Lógica, Prova e Confiança, estão no topo da pilha.

Além dessas tecnologias, ainda existe a camada de Encriptação, presente desde a base até o topo da pilha, e que é utilizada para codificar e detectar alterações nas informações. A seguir, as principais tecnologias normalizadas e recém-normalizadas pelo W3C são apresentadas.

### 2.1.1 URI (*Uniform Resource Identifier*)

Para que a informação seja compartilhada em qualquer parte, é necessário um sistema de identificação global chamado URIs [79]. A principal finalidade desta identificação é permitir a interação com as representações de recursos sobre uma rede, tipicamente a *Web*, usando protocolos específicos.

Um recurso pode ser caracterizado como qualquer coisa (física ou lógica) acessível ou não pela *Web*. Por exemplo, um recurso poderia ser: uma página *Web* - `www.inf.ufg.br`; o título, o autor, ou a data de modificação de uma página da *Web*; uma coleção de páginas *Web*, um elemento HTML específico, um livro impresso ou uma cadeira.

Por exemplo, o URL (*Uniform Resource Locator*) `http://www.inf.ufg.br/` é um URI que identifica um recurso (Página do Instituto de Informática da UFG) e implica em uma representação desse recurso (como o código HTML atual da página e a codificação de caracteres) obtido via protocolo HTTP em uma rede chamada `www.inf.ufg.br`.

### 2.1.2 XML (*eXtensible Markup Language*)

XML é uma linguagem de marcação de padrão aberto, que evita ambigüidades e dá suporte ao intercâmbio de documentos na *Web* de forma independente de formato de arquivo, tecnologia e plataforma.

A linguagem XML é classificada como uma linguagem extensível, pois permite aos usuários definirem suas próprias etiquetas (*tags*), desde que elas estejam bem formatadas, ou seja, estejam de acordo com as regras de sintaxe definidas.

O Código 1 apresenta um exemplo de um arquivo XML.

---

#### Código 1 – Exemplo de arquivo XML

---

```
1 <aviso>
2   <data>28/06/2007</data>
3   <para>Fernando Chagas Santos</para>
4   <de>Prof. Humberto José Longo</de>
5   <cabecalho>Lembrete</cabecalho>
6   <corpo>Amanhã, avaliação de teoria da computação</corpo>
7 </aviso>
```

---

A linha 2, do Código 1, exibe a etiqueta `data`. A etiqueta inicia em `<data>`, possui o conteúdo `28/06/2007`, e finaliza em `</data>`.

Todas as vantagens de XML fazem com que ela seja um arcabouço ideal para troca de dados. Acredita-se que, com a expansão da *Web* e o advento da Web Semântica, XML se tornará a linguagem universal para a representação de dados.

### 2.1.3 RDF (*Resource Description Framework*)

RDF define um modelo de dados para uma descrição semântica processável por computadores, possibilitando a codificação, o intercâmbio e o reuso de metadados estruturados e a construção de elementos de metadados [31].

Uma linguagem natural, como o português, é adequada para a comunicação entre seres humanos, RDF é adequado para expressar descrições (declarações) a respeito de recursos para facilitar o processamento automatizado pelos computadores.

A idéia por trás do RDF é a descrição dos dados por meio de ‘triplas’ do tipo recurso-propriedade-valor, ou seja, identificar recursos com o uso de URIs (Seção 2.1.1) e descrever objetos em termos de propriedades simples e seus respectivos valores [31].

RDF se parece com um diagrama de Entidade-Relacionamento (DER), onde as entidades são os recursos e as propriedades são os relacionamentos entre os recursos.

Uma declaração RDF pode ser representada através de um grafo orientado, conforme a Figura 2:

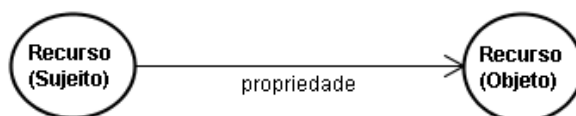


Figura 2: Representação RDF em grafo

Os arcos representam propriedades, enquanto os nós representam recursos. A direção da seta é relevante: o arco sempre começa no sujeito e aponta para o objeto da declaração.

Em um exemplo, seja a sentença:

**<http://www.inf.ufg.br/index.html> tem um criador cujo valor é Instituto de Informática.**

A sentença poderia ser representada pela seguinte declaração RDF:

- O **sujeito** é `http://www.inf.ufg.br/index.html`.
- O **predicado** é a palavra `criador`.
- O **objeto** é `Instituto de Informática`.

A parte que identifica o recurso da declaração é chamada de sujeito, uma característica de um recurso é chamado de predicado (propriedade) e o valor de uma propriedade é chamada de objeto (valor de propriedade).

Em outro exemplo, considere-se as sentenças a seguir:

**O autor do documento TEXTO é o indivíduo JOÃO.  
O indivíduo JOÃO é autor do documento TEXTO.**

Uma pessoa que compreenda o idioma português afirmaria que as duas sentenças têm o mesmo significado, contudo o computador não é capaz de analisá-las.

Na primeira sentença o recurso é `documento TEXTO`, a propriedade é `autor` e o valor para a propriedade é `indivíduo JOÃO`. Na segunda sentença o recurso é `indivíduo JOÃO`, a propriedade é `autor` e valor da propriedade é `documento TEXTO`. Nas duas sentenças o sujeito é `documento TEXTO`, o predicado é `autor` e o objeto é `indivíduo JOÃO`.

O Código 2 apresenta um exemplo em RDF/XML, uma representação formal de dados RDF em formato XML, utilizando as sentenças empregadas no exemplo anterior:



---

**Código 2** – Exemplo de arquivo RDF/XML

---

```
1 <rdf:RDF
2   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
3   xmlns:ex1="http://ex1.com/elements/1.0">
4   <rdf:Description rdf:about="http://ex1.com/documento1">
5     <ex1:titulo>Documento TEXTO</ex1:titulo>
6     <ex1:autor>Individuo JOÃO</ex1:autor>
7   </rdf:Description>
8 </rdf:RDF>
```

---

### 2.1.4 OWL (*Web Ontology Language*)

A espinha dorsal (*backbone*) da Web Semântica são as ontologias. Apesar da palavra ‘ontologia’ se referir à natureza do ser, em Inteligência Artificial ela pode ser interpretada como o conjunto de entidades com suas relações, restrições, axiomas e vocabulário.

Uma ontologia pode ser definida como uma especificação explícita e formal que conceitua um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo em um conhecimento consensual, isto é, compartilhado por todos. Além disso, os conceitos, as propriedades, as funções e os axiomas devem ser especificados explicitamente e serem manipuláveis por computador.

As ontologias devem ter capacidade de identificar contextos de um termo, compartilhar definições e dar suporte ao reuso. Quando elas são construídas levando-se em consideração esses aspectos, é possível ajudar as pessoas na busca, extração, interpretação e processamento da informação.

Para a construção de ontologias, é fundamental uma linguagem com semântica bem-definida e expressiva o suficiente para descrever inter-relacionamentos complexos e restrições entre objetos[32].

Já existe uma linguagem padrão que atinge esses requisitos, a OWL (*Web Ontology Language*) [65], que deriva de um consenso entre duas propostas, a européia OIL (*Ontology Inference Layer*) e a DAML (*DARPA Agent Markup Language*).

A OWL é uma linguagem para definição e instanciação de ontologias *Web*. A idéia central da OWL é permitir a representação eficiente de ontologias. Além disso, a linguagem permite verificar uma ontologia para determinar se sua lógica é consistente ou se há algum conceito falho [63].

Uma ontologia OWL pode incluir: relações de taxonomia entre classes; propriedades dos tipos de dados e descrições dos atributos de elementos das classes, propriedades do objeto e descrições das relações entre elementos das classes, instâncias das classes e instâncias das propriedades.

A recomendação do W3C possui três versões da OWL, que depende do poder de expressividade requerido. As versões menos expressivas (OWL Lite e DL) estão contidas dentro das mais expressivas (OWL DL e Full). Uma ontologia em uma linguagem menos expressiva é aceita por uma linguagem mais expressiva, contudo a recíproca não é aceita.

A adoção da linguagem OWL vem aumentando a cada dia, contudo existem poucas ferramentas e ambientes de desenvolvimento de software para dar suporte às suas produções e aplicações [63].

### 3 Aplicações da Web Semântica

Apesar de não haver consenso sobre a divisão da *Web* e o marco que define cada uma destas divisões, a *Web* pode ser dividida em três gerações.

A primeira geração da *Web*, a *Web 1.0*, representa a conexão entre computadores e a publicação de conteúdo na *Web*. A segunda geração, a *Web 2.0*, representa uma revolução social no uso das tecnologias *Web*, a mudança de um ambiente de publicação de conteúdo para um ambiente de participação e interação [29], já a *Web 3.0* ou Web Semântica [4], ou ainda Web inteligente, fornece toda a infra-estrutura para facilitar o compartilhamento de informações [1].

Segundo Tim O'Reilly [41], a *Web 2.0* aproxima as pessoas e facilita a colaboração entre seus usuários. Entretanto, Tim Berners-Lee [28] alega que o termo carece de sentido, pois as *Web 2.0* e a *Web 3.0* utilizam muitos componentes tecnológicos criados pela *Web 1.0*, que já permitia a colaboração entre as pessoas.

Apesar das diferenças conceituais, as duas primeiras gerações se caracterizam por permitir a publicação de informação na *Web* para ser interpretada pelas pessoas. A terceira geração, por sua vez, caracteriza-se por disponibilizar informação para ser interpretada por pessoas e por computadores.

A Figura 3 demonstra a arquitetura das aplicações que utilizam as tecnologias da Web Semântica para o desenvolvimento de páginas na *Web*.

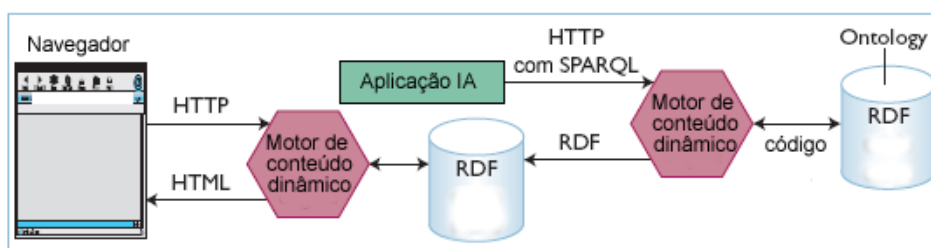


Figura 3: Arquitetura das Aplicações Semânticas. [29]

Na arquitetura apresentada, o usuário utiliza o navegador para fazer uma requisição HTTP. O motor de conteúdo dinâmico<sup>4</sup> recebe esta requisição, acessa a base de dados RDF e retorna o conteúdo em HTML para o usuário.

Em um outro cenário, um agente inteligente, uma aplicação de IA (Inteligência Artificial), faz uma requisição HTTP com a linguagem de consulta SPARQL<sup>5</sup>, o motor de conteúdo dinâmico recebe a requisição, manipula a ontologia e grava informações em RDF, que poderão ser utilizadas pelos usuários em requisições futuras.

Para que a informação seja manipulada pelas aplicações semânticas, é necessário definir um modelo simples e universal que possibilite a representação da informação existente na *Web*. A informação não é descrita em linguagem natural, mas mantida em uma estrutura que a descreve e combina asserções descritivas entre recursos.

A representação da informação de forma explícita é possibilitada pela utilização de regras de inferências, asserções RDF e ontologias.

Uma asserção descritiva, como por exemplo: O presidente da República

<sup>4</sup>O motor de conteúdo dinâmico pode ser um servidor de aplicações que executa páginas dinâmicas. (Ex: IIS ou Apache)

<sup>5</sup>SPARQL é uma linguagem de consulta, tal como SQL, que permite obter e manipular dados armazenados no formato RDF, podendo realizar consultas em diversas fontes de dados RDF.

Federativa do Brasil é Luiz Inácio Lula da Silva<sup>6</sup>, que nasceu em 27 de outubro de 1945, na cidade de Garanhuns, interior de Pernambuco, pode ser representada de forma única e sem ambigüidade.

Os recursos e as relações são identificados através de um identificador único chamado URI. Desta forma, por exemplo, quando for preciso procurar pelo nome Fernando Chagas, é possível identificá-lo unicamente, mesmo existindo vários homônimos no mundo,

Todos os documentos na *Web*, as pessoas, os livros, os locais, os objetos e até conceitos abstratos são definidos como recursos. Eles são identificados unicamente e univocamente através de um conjunto de caracteres definidos pela especificação URI.

Para que a descrição de uma asserção descritiva seja interpretada pelas aplicações semânticas, é utilizada a arquitetura RDF, uma recomendação da W3C desde fevereiro de 1999, sendo implementada com o uso de outra recomendação do W3C, a linguagem XML.

XML permite a definição de uma estrutura arbitrária para dados, e a arquitetura RDF, utilizando a sintaxe XML, permite representar relações entre diferentes recursos. Entretanto, essas tecnologias não atribuem significado aos dados e recursos [4].

A normalização das tecnologias XML e RDF foi importante para a construção de um modelo uniforme de compartilhamento de informações. Contudo, elas não disponibilizam formas de comparação, relacionamento ou tradução de vocabulários<sup>7</sup> [70].

Um vocabulário de metadados que satisfaça todas as comunidades é inexistente e impraticável, por isso, os principais esforços estão na definição de uma maneira de relacionar diferentes vocabulários de metadados.

Para esse relacionamento, a composição de vários componentes ontológicos conectados permitirão às empresas, instituições e comunidades de interesses específicos, terem seus recursos interligados a conteúdos ontológicos [4].

As aplicações semânticas fazem inferências lógicas para avaliar a informação que é obtida a partir do conhecimento especificado nas ontologias e no processamento de regras. Isto permite flexibilizar o comportamento sobre a informação que não seja autêntica ou assinada digitalmente [4].

A partir de um teste sobre a autenticidade e a confiança das fontes de informações, as aplicações semânticas podem alterar o grau de certeza que é associado ao resultado do seu raciocínio: certeza total, certeza parcial ou até mesmo incerteza, podendo ignorar informações que não sejam fidedignas [50].

Afirmações lógicas como Se A é pai de B, então B é filho de A, poderão ser facilmente analisadas, combinadas, processadas e interpretadas pelas aplicações semânticas.

A descrição de recursos e das suas relações de uma forma universal, utilizando um modelo lógico relacionado com as tecnologias XML, RDF e OWL, será facilmente interpretado pelas aplicações semânticas [3].

Para a manipulação dos dados, descritos de acordo com as tecnologias da Web Semântica, e para a integração destas tecnologias no suporte ao desenvolvimento de aplicações semânticas, é necessária a utilização de aplicações de suporte.

---

<sup>6</sup>Na data de publicação deste trabalho.

<sup>7</sup>Vocabulário é um grupo de palavras ou conceitos conhecidos por um indivíduo ou qualquer outra entidade.

## 4 Ferramentas de Suporte à Web Semântica

Esta Seção apresenta e analisa algumas aplicações de suporte à Web Semântica. As aplicações serão agrupadas em categorias, tais como: Anotação, API (*Application Programming Interface*), Armazenamento, Edição, Inferência, Integração, Consulta, Validação e Visualização. Algumas aplicações podem pertencer a mais de uma categoria, entretanto será considerada a categoria com maior relevância na categorização. Ao final desta Seção, serão apresentados os projetos Swoogle, FOAF (*Friend of a Friend*) e SIMILE (*Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments*).

### 4.1 Anotação

Esta categoria apresenta aplicações que permitem gerar anotações (explicações, notas) sobre documentos e/ou imagens.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
DOSE	1.5 (Jun, 07)	-	Java
MnM	Jan, 04	MnM[36]	Java
OntoMat Annotizer	0.8.2	LGPL[30]	Java
PhotoStuff	3.33 (Maio, 06)	MPL[37]	-
SemanticWord	1.0 (Agosto, 04)	-	Visual Basic
Swangler	1.0.1 (Abril, 05)	GPL[20]	Java

- DOSE [13]: plataforma distribuída de elaboração semântica que fornece serviços semânticos, como a anotação automática de recusos na *Web*.
- MnM [35]: ferramenta de anotação que fornece o suporte automatizado e semi-automatizado para anotação de páginas *Web* com conteúdo semântico.
- OntoMat Annotizer [40]: ferramenta que permite a anotação de uma página *Web* em OWL. Ela auxilia as tarefas de criação e manutenção de ontologias OWLs, seus atributos e relações. Inclui um navegador para explorar a ontologia e expor partes anotadas do texto.
- PhotoStuff [52]: ferramenta para anotação de imagens, permitindo ao usuário anotar partes da imagem de acordo com conceitos definidos em ontologias. Além disso, é possível publicar o metadado gerado automaticamente.
- SemanticWord [61]: ferramenta que permite efetuar associações entre marcações OWL e regiões específicas em documento do editor de texto Word.
- Swangler [72]: ferramenta que cria anotações de documentos em formato RDF que podem ser indexados e posteriormente procurados na *Web* a partir do seu conteúdo semântico.

Todas as aplicações, exceto a SemanticWord, são independentes de sistema operacional.

A aplicação DOSE fornece uma interação com o usuário através do navegador. As aplicações MnM, OntoMat-Annotizer, PhotoStuff e SemanticWord permitem uma interação com o usuário de forma gráfica (GUI), já a aplicação Swangler permite uma interação através de uma API.

## 4.2 API (*Application Programming Interface*)

Esta categoria apresenta aplicações que fornecem interfaces para a programação de aplicações semânticas.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
CODIP	0.9 (Dez,04)	BSD[6]	Java
HAWK	1.2 (Out, 05)	GPL	Java, PL/SQL
NG4J	0.5	BSD	Java
OWL API	2.1 (Jul, 07)	LGPL	Java
OWL-S API	1.1.2 (Jan, 07)	LGPL	Java
Ripple	Jun, 07	MIT[34]	Java
SOFA	0.3 (Mar,05)	LGPL	Java

- CODIP (*Components for Ontology Processing*) [8]: API que fornece uma coleção de módulos em Java para o processamento, criação e o gerenciamento de ontologias. Ela fornece suporte para OWL, XML/RDF e UML XMI (XML Metadata Interchange) [85].
- HAWK [21]: API para interpretação, edição, manipulação e armazenamento de ontologias OWL.
- NG4J (*Named Graphs API for Jena*) [38]: API de extensão ao arcabouço Jena. Permite a interpretação, manipulação e a serialização de um conjunto de grafos.
- OWL API [42]: interface e implementação Java para OWL. A API foca sobre o OWL Lite, OWL DL e OWL 1.1 e oferece uma interface para inferências.
- OWL-S API [46]: fornece as funcionalidades necessárias para criar e manipular arquivos OWL-S.
- Ripple [59]: linguagem de *script* que permite manipular e criar metadados RDF.
- SOFA (*Simple Ontology Framework API*) [68]: API que permite representar uma ontologia através de um modelo de objetos abstratos e independente da linguagem de especificação utilizada na ontologia;

As aplicações CODIP, HAWK, NG4J, OWL API, OWL-S API, Ripple e SOFA são independentes de sistema operacional. A aplicação CODIP disponibiliza uma interação através de uma API e linha de comandos.

## 4.3 Armazenamento

Esta categoria apresenta aplicações que lidam com a persistência de dados que estão formatados de acordo com as tecnologias da Web Semântica.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
RDFStore	0.51 (Jun, 06)	BSD	C
Sesame	2.0 (Jul, 07)	LGPL	Java
Kowari	1.1.0 (Dez, 04)	MPL	Java
YARS	Jan, 05	BSD	Java

- RDF Store [57]: ferramenta que permite armazenar informações RDF.
- Sesame [62]: arcabouço RDF de código aberto com suporte a consulta e inferência sobre Esquemas RDF. Foi desenvolvido com o objetivo de fornecer flexibilidade no desenvolvimento de ferramentas RDF.
- Kowari [27]: fornece uma base de dados implementada para o armazenamento de metadados. É escalável e possibilita transações seguras.
- YARS (*Yet Another RDF Store*) [86]: ferramenta que permite armazenar informações RDF.

Quanto à forma de representação da arquitetura RDF, as aplicações RDFStore e YARS utilizam somente modelos RDF, já a aplicação Kowari, utiliza grafos, asserções<sup>8</sup> e ontologias e a aplicação Sesame utiliza grafos e asserções.

Como modelo de persistência, a aplicação RDFStore utiliza a memória principal e arquivos, a aplicação Sesame utiliza a memória principal, arquivos e banco de dados MySQL, PostgreSQL, Oracle ou SQL Server.

Para consulta, a aplicação Kowari utiliza a linguagem iTQL (*Tucana SQL-like query language*), a aplicação RDFStore utiliza as linguagens RDQL e SPARQL, a aplicação Sesame utiliza as linguagens RDFS e OWL-Lite e a aplicação YARS utiliza a linguagem N3QL (*Notation3 Query Language*).

Como suporte do motor de inferência, as aplicações Kowari e Sesame utilizam as linguagens RDFS e OWL-Lite e a aplicação RDFStore utiliza somente a linguagem RDFS.

## 4.4 Edição

Esta categoria apresenta aplicações que lidam com a edição das informações formatadas de acordo com as tecnologias disponíveis para Web Semântica.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
Protégé	3.3 (Jul, 07)	MPL	Java
Snoggle	1.1.0 (Jul, 07)	BSD	Java
SMORE	5.0 (Ago, 05)	LGPL	Java
SWeDE	2.0.2	BSD	Java
SWOOP	2.2 (Jan, 06)	LGPL	Java

- Protégé [54]: editor que permite criar e manipular ontologias. É implementado em Java e pode, de uma forma geral, ser definido de três formas: como uma ferramenta que possibilita a construção e a manipulação de ontologias, como uma plataforma que pode ser estendida ou incorporada em outros sistemas de representação de conhecimento ou como uma biblioteca que pode ser utilizada por outros sistemas de representação de conhecimento.
- SMORE [66]: ferramenta projetada para permitir a criação e utilização de asserções RDF associadas a ontologias, a partir de documentos HTML.

<sup>8</sup>Conjunto de afirmações, cada afirmação representa um declaração. (Seção 2.1.3)

- SWeDE [73]: ambiente de desenvolvimento para a plataforma Eclipse. Inclui um editor de ontologias no formato OWL, um verificador de sintaxe OWL, um conversor de OWL para Java e um visualizador gráfico.
- SWOOP [75]: ferramenta para edição de ontologias. Apresenta uma interface simples para a criação e manipulação de ontologias OWL. Tem como principal característica uma navegação simples, através das entidades definidas nas ontologias OWL.
- Snoggle [67]: ferramenta gráfica baseada em mapeamento SWRL para auxiliar na tarefa de preparação de ontologias OWL. Permite aos usuários visualizar a ontologia e desenhar mapeamentos de forma gráfica. Os usuários desenharam os mapeamentos graficamente e o Snoggle permite convertê-los em SWRL/RDF ou SWRL/XML.

As aplicações Protégé, Snoggle, SMORE, SWeDE e SWOOP são independentes de sistema operacional e permitem a interação com o usuário através de uma interface gráfica (GUI).

## 4.5 Inferência

Esta categoria apresenta aplicações para suporte às regras de inferência.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
Euler	Fev, 05	W3C	Java
EulerMoz	Jan, 05	W3C	JavaScript
Metalog	2.1	W3C	Python
OWLJessKB	Jan, 05	GPL	Java
Pellet	Jul, 07	MIT	Java

- Euler [15]: ferramenta que disponibiliza um motor de inferência para a informação descrita em formato RDFS e OWL.
- EulerMoz [16]: baseada na Euler, com as mesmas funcionalidades; entretanto, o motor de inferência é desenvolvido em JavaScript.
- Instance Store [23]: ferramenta que disponibiliza um motor de inferência para a informação descrita em OWL-DL.
- MetaLog [33]: ferramenta que disponibiliza um motor de inferência e uma interação simples com o usuário através da linguagem PNL (*Pseudo Natural Language*).
- OWLJessKB [43]: ferramenta que disponibiliza um motor de inferência para a informação descrita em OWL.
- Pellet [49]: ferramenta que disponibiliza um motor de inferência para a informação descrita em OWL-DL.

Como modelo de persistência, as aplicações Euler, EulerMoz e OWLjessKB utilizam a memória principal, a aplicação MetaLog utiliza a memória principal e arquivos e a aplicação Pellet utiliza arquivos.

Para consulta, a aplicação Euler utiliza a linguagem N3QL, a aplicação MetaLog utiliza a linguagem PNL (*Pseudo Natural Language*), a aplicação OWLJessKB utiliza a linguagem Jess e a aplicação Pellet utiliza SPARQL.

Como suporte ao motor de inferência, as aplicações Euler e EulerMoz utilizam as linguagens RDFS e OWL, a aplicação MetaLog utiliza a linguagem Prolog, a aplicação OWLJessKB utiliza as linguagens RDF e OWL-Lite e a aplicação Pellet utiliza OWL.

## 4.6 Integração

Esta categoria apresenta aplicações que facilitam o desenvolvimento de aplicações semânticas.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
4Suite	1.0.2 (Dez, 06)	Apache	Python
Jena	2.5.3	BSD	Java
KAON	1.2.9 (Jun, 05)	LGPL	Java
RAP	0.9.5 (Jun, 07)	LGPL	PHP
RDF Gateway	2.3.3	Comercial	-
Redland RDF	1.0.6 (Mai, 07)	LGPL	C
Wilbur	Set, 05	-	Common Lisp

- 4Suite [19]: plataforma para processar e gerenciar o conhecimento em arquivos XML, possuindo uma biblioteca de ferramentas integradas para o processamento de arquivos XML, um repositório de dados XML e um servidor com um motor de regras.
- Jena [25]: arcabouço de código aberto (*open source*) para a construção de aplicações semânticas. Ele fornece uma API, ou seja, um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos, para extrair e escrever dados em grafos RDF.
- KAON [26]: infra-estrutura para o gerenciamento de ontologias com foco em aplicações de negócio.
- RAP [55]: pacote de software para análise, consulta, manipulação, serialização e apresentação de modelos RDF.
- RDF Gateway [56]: plataforma para o desenvolvimento e distribuição de aplicações semânticas.
- Redland RDF [58]: conjunto de bibliotecas gratuitas que permite o desenvolvimento e manipulação de modelos RDF.
- Wilbur [84]: caixa de ferramentas (*toolkit*) para desenvolver aplicações semânticas que utilizam RDF.

Quanto à forma de representação da arquitetura RDF, a aplicação Wilbur utiliza modelos e asserções, a aplicação 4Suite utiliza somente asserções, a aplicação RDF Gateway utiliza modelos, grafos e asserções e as aplicações Jena, KAON, RAP e RedLand utilizam asserções, grafos e ontologias.

Como modelo de persistência, a aplicação Wilbur utiliza somente a memória principal, a aplicação 4Suite utiliza a memória principal, arquivos e banco de dados PostgreSQL, a aplicação Jena utiliza a memória principal, arquivos e os banco de dados Berkeley, MySQL ou SQLite, a aplicação KAON utiliza a memória principal e banco de dados SQL Server, PostgreSQL, IBM DB2 ou Oracle 9i, a aplicação RAP utiliza a memória principal e qualquer banco de dados compatível com o ADObd (*ActiveX Data Objects Data Base*), a aplicação RDF Gateway utiliza memória principal, arquivos e qualquer banco de dados compatível com OleDb (*Object Linking and Embedding Data Base*) e a aplicação Redland utiliza memória principal, arquivos e banco de dados MySQL, PostgreSQL, Oracle, Berkeley, SQL Server ou DB2.



Para consulta, a aplicação 4Suite utiliza a linguagem Versa, as aplicações Jena e Redland utilizam as linguagens RDQL e SPARQL, a aplicação KAON utiliza a linguagem KAON, a aplicação RAP utiliza a linguagem RDQL, a aplicação RDF Gateway utiliza a linguagem RDFQL (*RDF Data Query Language*) e a aplicação Wilbur utiliza a linguagem WQL (*Windows Management Instrumentation Query Language*).

Como suporte ao motor de inferência, a aplicação KAON utiliza as linguagens RDFS e OWL-Lite, as aplicações RAP e RDF Gateway utilizam a linguagem RDFS e OWL, a aplicação Redland utiliza as linguagens RDFS, OWL-Lite e DIG e a aplicação Wilbur utiliza a linguagem RDFS.

## 4.7 Consulta

Esta categoria apresenta aplicações para consultar por informações que estão definidas de acordo com as tecnologias RDF ou OWL.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
Cwm	Jan, 05	W3C	Python
OWL-QL	Dez, 04	BSD	Java
OWLS-TC	Out, 06	GPL	Java

- Cwm (*Closed World Machine*) [10]: ferramenta que permite consultar, verificar e filtrar informações descritas em RDF/XML e N3.
- OWL-QL (*OWL-S Service Retrieval Test Collection*) [45]: ferramenta que utiliza uma linguagem e um protocolo de consulta formal, especificados em OWL, para a comunicação entre agentes inteligentes.
- OWLS-TC [47]: ferramenta que permite avaliar a performance de algoritmos de serviços de OWL-S.

As aplicações Cwm, OWL-QL e OWLS-TC são independentes de sistema operacional.

Quanto à forma de interação com o usuário, a aplicação Cwm disponibiliza acesso via API e linha de comandos. Para a representação da arquitetura RDF, a aplicação Cwm utiliza somente modelos e para consulta, a aplicação Cwm utiliza a linguagem N3.

## 4.8 Validação

Esta categoria apresenta aplicações para validar se as informações são definidas de acordo com as tecnologias da Web Semântica.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
ConsVISor	-	-	Java
OWL Validator	Jul, 04	BSD	Java
SWRL Validator	Nov, 04	BSD	Java

- ConsVISor [9]: ferramenta para verificar a consistência de documentos OWL. Os resultados são mostrados em uma página *Web* ou através de anotações OWL.
- OWL *Validator* [48]: ferramenta para verificar a consistência de documentos OWL.

- *SWRL Validator* [77]: ferramenta para verificar a consistência de anotações em SWRL (*Semantic Web Rule Language*).

As aplicações ConsVISor, *OWL Validator* e *SWRL Validator* são independentes de sistema operacional.

Quanto à forma de interação com o usuário, as aplicações *OWL Validator* e *SWRL Validator* disponibilizam acesso via *Web*, uma API e linha de comandos. A aplicação ConsVISor disponibiliza acesso via *Web*.

## 4.9 Visualização

Esta categoria apresenta aplicações para manipular e visualizar informações definidas de acordo com as tecnologias da Web Semântica.

Nome	Versão	Licença	Linguagem
DumpOnt	1.2 (Fev, 04)	BSD	Java
IsaViz	3.0 (Mai, 07)	-	Java
Object Viewer	Jul, 04	BSD	Java
OWL-P	2.0 (Out, 05)	-	Java
SVG-OWL Viewer	3.0	-	Java
VIVID	1.1 (Set, 04)	MPL	Java, Javascript e XMI

- DumpOnt [14]: ferramenta para apresentar graficamente, através da *Web*, a hierarquia de classes e propriedades presentes em uma ontologia OWL.
- IsaViz [24]: ferramenta que permite a manipulação de modelos RDF graficamente.
- Object Viewer [39]: ferramenta para apresentar graficamente, através da *Web*, grafos RDF.
- OWL-P [44]: ferramenta que define uma ontologia OWL que pode ser usada como um protocolo para ontologias OWL.
- SVG-OWL Viewer [71]: ferramenta que permite exibir ontologias graficamente utilizando o formato SVG.
- VIVID [78]: ferramenta que permite visualizar e publicar estruturas em OWL e RDF.
- Welkin [83]: ferramenta que permite a visualização gráfica de modelos RDF.

A aplicação VIVID (*Visual Variable-Depth Info Display*) foi desenvolvida para o sistema operacional Windows NT/2000, a aplicação Welkin funciona nos sistemas operacionais Windows, Linux e MacOSX, já as ferramentas DumpOnt, IsaViz, Object Viewer, OWL-P e SVG-OWL Viewer são independentes de sistema operacional.

Quanto à forma de interação com o usuário, a aplicação VIVID disponibiliza a interação através da *Web*, as aplicações IsaViz, Object Viewer, OWL-P, SVG-OWL Viewer e Welkin disponibilizam a interação através de interfaces desktops do tipo GUI e a aplicação DumpOnt disponibiliza a interação através da *Web*, via API ou linha de comandos.

## 4.10 Swoogle

O Swoogle é um serviço de busca de documentos na Web Semântica. Ele emprega um sistema de rastreamento para descobrir documentos RDF e documentos HTML com conteúdo RDF embutido. O buscador compreende esses documentos e as suas partes constituintes (termos e triplas, por exemplo), registra e indexa metadados significativos sobre eles em seu banco de dados.

Os documentos encontrados também são indexados por um sistema de recuperação de informação que pode usar referências URL como palavras-chave para verificar a semelhança com um conjunto de documentos. Uma das funcionalidades interessantes que o Swoogle utiliza é o *rank* de ontologia, uma medida da importância de documentos na Web Semântica. [12]

Seus serviços são fornecidos para os usuários por meio de uma interface, que pode ser acessada a partir de qualquer navegador e para agentes de software via serviços (*Web Services*). Várias técnicas são usadas para retornar os resultados e seu algoritmo é inspirado no *PageRank*, desenvolvido pelo Google, mas é adaptado ao modelo semântico dos documentos.

O Swoogle foi desenvolvido com o objetivo de encontrar ontologias, instância de dados e responder perguntas no contexto da Web Semântica [12]. A Figura 4 mostra a interface *Web* com os usuários do Swoogle.

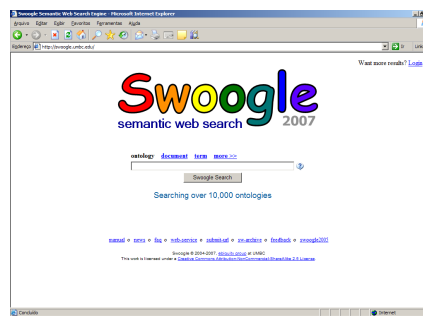


Figura 4: Interface do serviço de busca Swoogle

O serviço reconhece mais de 5 milhões de URLs, sendo mais de 2 milhões de documentos semânticos, buscados diretamente em arquivos RDF, OWL, ou através de páginas HTML que podem conter documentos semânticos. Mais de 10.000 ontologias estão disponíveis, armazenadas em uma base de dados MySQL em forma de URIs [74].

## 4.11 FOAF

O FOAF (*Friend of a Friend*) é um projeto que pretende criar uma *Web* com páginas que descrevam as pessoas, os relacionamentos entre elas e as atividades que elas fazem, de forma que estas páginas sejam compreendidas pelos computadores. [17]

Sua tecnologia permite compartilhar e usar informações sobre as pessoas (como fotos e calendários) e suas atividades, transferir informações entre *websites* e manipular estas informações.

O Código 3 mostra um arquivo RDF neste padrão:

A aplicação FOAF-a-Matic [18] foi criada para o desenvolvimento de um FOAF de forma transparente, sem a necessidade de conhecer os detalhes da arquitetura RDF.

---

**Código 3** – Descrição do autor no padrão FOAF

---

```
1 <rdf:RDF
2     xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
3     xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
4     xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
5 <foaf:PersonalProfileDocument rdf:about="">
6   <foaf:maker rdf:resource="#me"/>
7   <foaf:primaryTopic rdf:resource="#me"/>
8 </foaf:PersonalProfileDocument>
9 <foaf:Person rdf:ID="me">
10  <foaf:name>Fernando Santos</foaf:name>
11  <foaf:givenname>Fernando</foaf:givenname>
12  <foaf:family_name>Santos</foaf:family_name>
13  <foaf:nick>fernandosam</foaf:nick>
14  <foaf:mbox_sha1sum>
15      bee2ecfa54178be5c47a93d2429385eb8ea9b871
16  </foaf:mbox_sha1sum>
17 </foaf:Person>
18 </rdf:RDF>
```

---

## 4.12 SIMILE

O SIMILE (*Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments*) é um projeto do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) que procura desenvolver aplicações semânticas robustas e de código aberto para aumentar o acesso, o gerenciamento e o reuso de dados digitais, esquemas, vocabulários, ontologias, metadados e serviços.

Seu principal desafio é organizar as informações que são distribuídas na Internet por diversas fontes (indivíduos, comunidades e banco de dados institucionais). Entre os projetos desenvolvidos pelo SIMILE, destacam-se [64]:

- **Gadget**: inspeciona e permite manipular grandes quantidades de dados XML .
- **Welkin**: visualizador gráfico de modelos RDF.
- **Timeline**: aplicação AJAX (*Asynchronous Javascript And XML*) para a visualização de informações temporais.
- **Referee**: verifica registros no servidor *Web*, rastreia *links* que apontam para uma determinada página e extrai metadados e textos das páginas apontadas por estes *links*.
- **Babel**: conversor entre vários formatos de dados.
- **Exhibit**: permite criar páginas na *Web* em formato HTML (o formato CSS é opcional) com suporte a classificação, filtragem e efeitos visuais.
- **Appalachian**: extensão do navegador Firefox que evita que o usuário digite a senha sempre que entrar em uma página que a solicita.
- **Timeplot**: script DHTML, independente de navegador, que traça uma linha de tempo.
- **Longwell**: aplicação para manipulação de dados RDF.

- **Piggy Bank:** extensão do navegador Firefox que permite a ele trabalhar com recursos da Web Semântica e configurar o conteúdo fornecido pelos *websites*, permitindo a utilização das informações na *Web* de maneira mais eficiente.
- **Solvent:** extensão do navegador Firefox que auxilia no desenvolvimento de filtros para o *Piggy Bank*.
- **Semantic Bank:** permite compartilhar e publicar dados coletados por indivíduos, grupos e comunidades.

## 5 Considerações Finais

Nem o próprio idealizador da *Web* (Tim Berners-Lee), imaginou que ela pudesse ter tanto importância na vida das pessoas. Hoje, navegar na *Web* se tornou uma atividade rotineira para um grande número de pessoas. Elas não perceberam que esta plataforma fantástica pode tornar suas vidas ainda melhor.

A evolução para uma Web Semântica deve considerar os aspectos tecnológicos e sociais envolvidos. A padronização das especificações da Web Semântica, a estruturação semântica dos dados na *Web* e o desenvolvimento de aplicações semânticas não são suficientes para esta evolução.

Grande parte das pessoas que publicam informações na *Web* não têm conhecimento das tecnologias utilizadas. Por isso, elas utilizam aplicações que simplificam a manipulação e a publicação destas informações. Estas aplicações precisam fornecer facilidade e transparência na publicação de informações semânticas na *Web*.

Os dados precisam estar estruturados para que as aplicações da Web Semântica compreendam a informação contida neles. A transformação dos dados existentes na *Web* que não estejam estruturados semanticamente depende da participação de grupos (especialistas, profissionais) que compreendam o significado desses dados.

Essas modificações permitirão o desenvolvimento de aplicações com modelos de negócios inovadores. Como exemplo, pode ser citado o serviço de busca por preços na *Web*. Ao invés de efetuar a busca em empresas específicas, as aplicações semânticas poderão efetuar comparações de preços em toda a *Web*.

Além disso, as aplicações semânticas poderão melhorar a vida das pessoas, seja na busca eficiente por informações, no avanço científico, na evolução do conhecimento humano, no auxílio à tomada de decisões ou na descoberta da cura de doenças.

## 6 Agradecimento

Ao Prof. Dr. João Carlos da Silva, pela avaliação do presente texto e pelas sugestões feitas, as quais muito contribuíram para a melhoria do texto original.

## Referências

- [1] ANKOLEKAR, A; KRÖTZSCH, M; TRAN, T; VRANDECIC, D. **The Two Cultures: Mashing Up Web 2.0 and the Semantic Web.** Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web, p. 825–834, 2007.

- [2] BERGMAN, M. **The Deep Web: Surfacing Hidden Value**. Journal of Electronic Publishing, 7(1):07–01, 2001.
- [3] BERNERS-LEE, T; CONNOLLY, D; SWICK, R. **Web Architecture: Describing and Exchanging Data**. <http://www.w3.org/1999/04/WebData>, último acesso em Julho de 2007, 06 1999.
- [4] BERNERS-LEE, T; HENDLER, J; LASSILA, O. **The Semantic Web: Scientific American**. Scientific American, May 2001.
- [5] **BlueOrganizer**. <http://www.adaptiveblue.com/>, último acesso em Julho de 2007.
- [6] **The BSD License**. <http://www.opensource.org/licenses/bsd-license.php>, último acesso em Setembro de 2007.
- [7] CERN. **The Website of The World's First-Ever Web Server**. <http://info.cern.ch/>, último acesso em Abril de 2007.
- [8] **CODIP**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/codip/>, último acesso em Julho de 2007.
- [9] **ConsVISor**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/consvisor/>, último acesso em Julho de 2007.
- [10] **Cwm**. <http://www.w3.org/2000/10/swap/doc/cwm>, último acesso em Julho de 2007.
- [11] DIAS, T. D; SANTOS, N. **Web Semântica: Conceitos Básicos e Tecnologias Associadas**. Cadernos do IME Série Informática, 14:p. 25–38, 2003.
- [12] DING, L; FININ, T; JOSHI, A; PAN, R; COST, R; PENG, Y; REDDIVARI, P; DOSHI, V; SACHS, J. **Swoogle: a Search and Metadata Engine For the Semantic Web**. Proceedings of the Thirteenth ACM conference on Information and knowledge management, p. 652–659, 2004.
- [13] **DOSE**. <https://sourceforge.net/projects/dose>, último acesso em Agosto de 2007.
- [14] **Dumpont**. <http://www.daml.org/2003/09/dumpont/>, último acesso em Julho de 2007.
- [15] **Euler**. <http://www.agfa.com/w3c/euler/>, último acesso em Julho de 2007.
- [16] **EulerMoz**. <http://sourceforge.net/projects/eulermoz>, último acesso em Julho de 2007.
- [17] **FOAF**. <http://www.foaf-project.org/index.html>, último acesso em Agosto de 2007.
- [18] **FOAF-a-Matic**. <http://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic>, último acesso em Agosto de 2007.

- [19] **4Suite**. <http://sourceforge.net/projects/foursuite/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [20] **The GNU General Public License**. <http://www.gnu.org/licenses/licenses.html#GPL>, último acesso em Setembro de 2007.
- [21] **HAWK**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/hawk/>, último acesso em Julho de 2007.
- [22] HEWLETT-PACKARD, ESG INTERNATIONALIZATION, C. **What is Unicode? in Portuguese**. <http://www.unicode.org/standard/translations/portuguese.html>, último acesso em Junho de 2007, Outubro 2005.
- [23] **Instance Store**. <http://sourceforge.net/projects/instancestore>, último acesso em Julho de 2007.
- [24] **IsaViz**. <http://www.w3.org/2001/11/IsaViz/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [25] **Jena Semantic Web Framework**. <http://jena.sourceforge.net/>, último acesso em Julho de 2007.
- [26] **Kaon**. <http://kaon.semanticweb.org/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [27] **Kowari**. <http://www.kowari.org/>, último acesso em Julho de 2007.
- [28] LANINGHAM, S. **DeveloperWorks Interviews: Tim Berners-Lee**. <http://www.ibm.com/developerworks/podcast/dwi/cm-int082206txt.html>, último acesso em Junho de 2007.
- [29] LASSILA, O; HENDLER, J. **Embracing Web 3.0**. *Internet Computing, IEEE*, 11(3):90–93, 2007.
- [30] **GNU Lesser General Public License**. <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>, último acesso em Setembro de 2007.
- [31] MANOLA, F; MILLER, E. **RDF Primer**. <http://www.w3.org/2001/sw/>, último acesso em Abril de 2007, 02 2004.
- [32] MCILRAITH, S; MARTIN, D. **Bringing Semantics to Web services**. *Intelligent Systems, IEEE* [see also *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*], 18(1):90–93, 2003.
- [33] **Metalog**. <http://www.w3.org/RDF/Metalog/>, último acesso em Julho de 2007.
- [34] **The MIT License**. <http://www.opensource.org/licenses/mit-license.php>, último acesso em Setembro de 2007.
- [35] **MnM**. <http://kmi.open.ac.uk/projects/akt/MnM/index.html>, último acesso em Julho de 2007.
- [36] **MnM License Agreement**. <http://kmi.open.ac.uk/projects/akt/MnM/license.html>, último acesso em Setembro de 2007.
- [37] **Mozilla Public License**. <http://www.mozilla.org/MPL/MPL-1.1.html>, último acesso em Setembro de 2007.

- [38] **NG4J**. <http://sites.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/ng4j/>, último acesso em Julho de 2007.
- [39] **Object Viewer**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/objectviewer/>, último acesso em Julho de 2007.
- [40] **OntoMat Annotizer**. <http://annotation.semanticweb.org/ontomat/index.html>, último acesso em Julho de 2007.
- [41] O'REILLY, T. **What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software**. O'Reilly Media, Inc. <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>, Internet, 1:2006, 2005.
- [42] **OWL API**. <http://sourceforge.net/projects/owlapi/>, último acesso em Julho de 2007.
- [43] **OWLJessKB**. <http://edge.cs.drexel.edu/assemblies/software/owljesskb/>, último acesso em Julho de 2007.
- [44] **OWL-P**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/owlp/>, último acesso em Julho de 2007.
- [45] **OWL-QL**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/owl-ql/>, último acesso em Julho de 2007.
- [46] **OWL-S API**. <http://www.daml.ricmu.edu/owlapi/>, último acesso em Julho de 2007.
- [47] **OWLS-TC**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/owl-s-tc/>, último acesso em Julho de 2007.
- [48] **OWL Validator**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/vowlidator/>, último acesso em Julho de 2007.
- [49] **Pellet**. <http://pellet.owldl.com/>, último acesso em Julho de 2007.
- [50] PEREIRA, R. **Editor para a Web Semântica Integrando Anotações Semânticas, Ontologias e RDF**. Master's thesis, Universidade da Beira Interior, Portugal, 2006.
- [51] **Personal Web**. <http://www.personalweb.com/>, último acesso em Julho de 2007.
- [52] **PhotoStuff**. <http://www.mindswap.org/2003/PhotoStuff/>, último acesso em Julho de 2007.
- [53] PICKLER, M. **Web Semântica: Ontologias como Ferramentas de Representação do Conhecimento**. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 12(1), 2007.
- [54] **Protégé**. <http://protege.stanford.edu/>, último acesso em Julho de 2007.
- [55] **RAP**. <http://sites.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/rdfapi/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [56] **RDF Gateway**. <http://www.intellidimension.com/>, último acesso em Agosto de 2007.



- [57] **RDF Store**. <http://rdfstore.sourceforge.net/>, último acesso em Julho de 2007.
- [58] **Redland**. <http://librdf.org/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [59] **Ripple**. <http://ripple.fortytwo.net/>, último acesso em Julho de 2007.
- [60] SANTANCHÉ, A. **Fluid Web e Componentes de Conteúdo Digital: da Visão Centrada em Documentos para a Visão Centrada em Conteúdo**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Junho 2006.
- [61] **SemanticWord**. <http://mr.teknowledge.com/daml/SemanticWord/SemanticWord.htm>, último acesso em Julho de 2007.
- [62] **Sesame**. <http://www.openrdf.org/about.jsp>, último acesso em Julho de 2007.
- [63] SHADBOLT, N; HALL, W; BERNERS-LEE, T. **The Semantic Web Revisited**. IEEE Intelligent Systems, 21(3):96–101, 2006.
- [64] **SIMILE Project**. <http://simile.mit.edu/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [65] SMITH, M. K; WELTY, C; MCGUINNESS, D. L. **OWL Web Ontology Language Guide**. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>, último acesso em Junho de 2007, Fevereiro 2004.
- [66] **SMORE**. <http://www.mindswap.org/2005/SMORE>, último acesso em Julho de 2007.
- [67] **Snogle**. <http://snogle.projects.semwebcentral.org/>, último acesso em Julho de 2007.
- [68] **SOFA**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/sofa/>, último acesso em Julho de 2007.
- [69] SOUZA, R; ALVARENGA, L. **A Web Semântica e Suas Contribuições para a Ciência da Informação**. Ciência da Informação, 33(1), 2004.
- [70] SOWA, J. **Ontology, Metadata, and Semiotics. Number 1867 in Lecture Notes in AI**. Conceptual Structures: Logical, Linguistic, and Computational Issues. Springer Verlag, Berlin, p. 55–81, 2000.
- [71] **SVG-OWL Viewer**. [http://www.mindswap.org/~aditkal/svg\\_owl.shtml](http://www.mindswap.org/~aditkal/svg_owl.shtml), último acesso em Agosto de 2007.
- [72] **Swangle**. <http://projects.semwebcentral.org/projects/swangle/>, último acesso em Julho de 2007.
- [73] **SWeDE**. <http://owl-eclipse.projects.semwebcentral.org/>, último acesso em Julho de 2007.
- [74] **Swoogle's Statistics of the Semantic Web**. [http://swoogle.umbc.edu/index.php?option=com\\_swoogle\\_stats&Itemid=8](http://swoogle.umbc.edu/index.php?option=com_swoogle_stats&Itemid=8), último acesso em Julho de 2007.
- [75] **SWOOP**. <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/downloads/>, último acesso em Julho de 2007.

- [76] **Semantic Web and Other W3C Technologies to Watch.** <http://www.w3.org/2006/Talks/1023-sb-W3CTechSemWeb/>, último acesso em Outubro de 2007.
- [77] **SWRL Validator.** <http://projects.semwebcentral.org/projects/swrl-val/>, último acesso em Julho de 2007.
- [78] **VIVID.** <http://projects.semwebcentral.org/projects/vivid/>, último acesso em Julho de 2007.
- [79] **W3C. Architecture of the World Wide Web, Volume One.** <http://www.w3.org/TR/webarch/>, último acesso em Junho de 2007, 12 2004.
- [80] **W3C. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition).** <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-20060816/>, último acesso em Junho de 2007, 09 2006.
- [81] **W3C. SPARQL Query Language for RDF.** <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>, último acesso em Junho de 2007, 06 2007.
- [82] **W3C. World Wide Web Consortium.** <http://www.w3.org/>, último acesso em Julho de 2007, 06 2007.
- [83] **Welkin.** <http://simile.mit.edu/welkin/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [84] **Wilbur.** <http://wilbur-rdf.sourceforge.net/>, último acesso em Agosto de 2007.
- [85] **MOF 2.0/XMI Mapping, Version 2.1.1.** MOF2.0/XMIMapping, Version2.1.1, último acesso em dezembro de 2007.
- [86] **YARS.** <http://sw.deri.org/2004/06/yars/>, último acesso em Julho de 2007.