



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ**  
**UNIVERSIDADE DE FORTALEZA**

José Renato Villela Dantas

**NAVCON: UMA ARQUITETURA PARA NAVEGAÇÃO  
CONCEITUAL EM AMBIENTES DE GESTÃO DO  
CONHECIMENTO**

Fortaleza

2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ**  
**UNIVERSIDADE DE FORTALEZA**

José Renato Villela Dantas

**NAVCON: UMA ARQUITETURA PARA NAVEGAÇÃO  
CONCEITUAL EM AMBIENTES DE GESTÃO DO  
CONHECIMENTO**

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Informática Aplicada da  
Universidade de Fortaleza, como um  
dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Informática Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Porfírio Muniz Farias

Fortaleza

2009

---

D192n Dantas, José Renato Villela.

NavCon : uma arquitetura para navegação conceitual em ambientes de  
gestão do conhecimento / José Renato Vilella Dantas. - 2009.  
86 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Fortaleza, 2009.  
“Orientação: Prof. Dr. Pedro Porfírio Muniz Farias.”

1. Intranet. 2. Comunicação na empresa. 3. Gestão do conhecimento.  
4. Ontologia. I. Título.

CDU 681.3:004.738.4

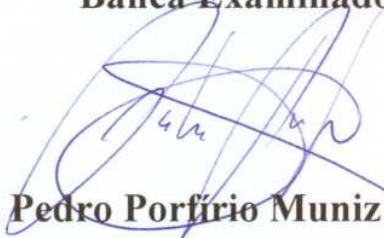
---

**José Renato Villela Dantas**

**NavCon: Uma Arquitetura para Navegação Conceitual em  
Ambientes de Gestão do Conhecimento**

**Data de Aprovação: 21/08/2009**

**Banca Examinadora:**



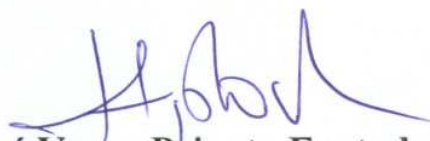
**Prof. Pedro Porfírio Muniz Farias, D.Sc.**

**(Orientador – UNIFOR)**



**Prof. José Valdeni de Lima, Docteur**

**(Membro - UFRGS)**



**Prof. João José Vasco Peixoto Furtado, Docteur**

**(Membro - UNIFOR)**

# *Resumo*

Resumo da dissertação apresentada ao MIA/UNIFOR como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

## **NavCon: uma arquitetura para navegação conceitual em ambientes de gestão do conhecimento**

José Renato Villela Dantas

Fortaleza/ 2009

Orientador: Prof. Dr. Pedro Porfírio Muniz Farias

O uso de intranets disponibiliza acesso a informações corporativas, sistemas e ferramentas para trabalho cooperativo. Em ambientes corporativos, as intranets têm sido importantes recursos para gestão do conhecimento. As intranets são fortemente baseadas em ambiente Web, no qual a procura por uma informação geralmente se dá por meio de uma pesquisa, seguida por uma navegação manual. A maioria dos usuários tem dificuldade de formular consultas apropriadas para melhorar a precisão de sua pesquisa. Assim, é comum o usuário dar início a uma pesquisa por uma consulta mais genérica e usar a navegação para refiná-la até localizar a informação desejada. Este estudo introduz o conceito de navegação conceitual e apresenta o NavCon, uma arquitetura que o implementa. A navegação conceitual faz uso de uma rede de conceitos, previamente organizada no formato de ontologias, para proporcionar mecanismos que otimizem a navegação pela Web. O uso de ontologias fornece o contexto em que o usuário é inserido durante a navegação pela Web. A utilização de um contexto visa melhorar a recuperação de informações, ajudando o usuário a manter o foco em sua pesquisa. Para a implementação da navegação conceitual, uma arquitetura é proposta. A arquitetura sugere o uso de *links* dinâmicos inseridos nas páginas Web para acessar os conceitos de uma ontologia. O serviço de marcação das páginas Web é implementado em um *proxy*. A navegação pela ontologia se faz através de um grafo dos conceitos e seus relacionamentos. A partir do grafo, acessa-se uma lista de endereços, que contém documentos relacionados a um conceito selecionado.

**Palavras-chave:** web semântica, navegação conceitual, gestão do conhecimento

# *Abstract*

Abstract of the dissertation presented to the board of faculties of the Master Program in Applied Informatics at the University of Fortaleza, as partial fulfillment of the requirements for the Master's degree in Applied Informatics.

## **NavCon: an architecture for conceptual navigation in knowledge management environment**

José Renato Villela Dantas

Fortaleza/ 2009

Advisor: Prof. Dr. Pedro Porfírio Muniz Farias

Intranets provide access to corporate information, systems and tools for cooperative work. In corporate environments, intranets have been important resource for knowledge management. Intranets are heavily Web-based environments, where the demand for an item is generally performed by a search engine followed by manual navigation. Most users have difficulty in formulating appropriate consultations to improve the accuracy of the research that is taking place. Thus, it is common that users start their searches using a general query and use the navigation to refine their search until they find the desired information. This paper introduces Conceptual Navigation and it presents NavCon, an architecture that implements it. Conceptual Navigation makes use of a concept network, previously organized in the form of ontologies, to provide mechanisms that are able to optimize user's Web navigation. Ontologies provide a context in which the user is inserted while browsing the Web. The use of a context provides resources to reduce the retrieval of unnecessary information, helping the user to keep focused on his task. For the implementation of the Conceptual Navigation, an architecture is proposed. The architecture suggests the use of dynamic links included on Web pages to access the concepts of an ontology. The web page mark-up service is implemented in a proxy. From a link, it is possible to navigate through an ontology graph of concepts and their relationships. From this graph, a user can access an address list that contains documents related to a selected concept.

**Keywords:** semantic web, conceptual navigation, knowledge management

## *Dedicatória*

A Sofia e Adrianna, com todo meu amor. A Vitor, *in memoriam*.



## *Agradecimentos*

Ao Prof. Porfírio, por sua inestimável orientação e disponibilidade.

Aos professores Vasco e Valdeni, pela presença na banca examinadora.

Aos demais professores do MIA, pelas contribuições indiretas.

Aos demais colegas de mestrado, que também deram sua contribuição.

À Adrianna, minha esposa, e à Sofia, minha filha, pelo apoio, paciência e amor.

Ao meu pai, José Renato, por sempre acreditar em mim e incentivar um bocado meus estudos.

À minha família, que me ama, minhas irmãs, Paula e Fernanda, meu irmão, André, minha avó Anita e meu tio João.

A Rose, Rosina, Aline, Guilherme, Bruno, Jordi, D. Maria de Jesus, Yuri e a toda a próxima geração - Elena, Gabriel e Giovanni -, por estarem sempre a meu lado.

À Paula, ao Jordi, ao Juliano, e ao Edmilson pela ajuda na tradução de artigos e na revisão do texto.

Aos colegas do Serpro, em especial ao Zé Mário, Ronaldo, Maíza, Valdiana, Daniel e Franzé, por me apoiarem e abrirem mão de minha presença.

Ao Sena e à Cheila, mesmo ela não querendo, pela ajuda no Programa de Incentivo à Pós-Graduação, e ao pessoal da SUPSC, que contribuiu quando foi solicitado.

Ao Serpro, representado pela Universidade Corporativa, pelo apoio e pela inclusão no Programa de Incentivo à Pós-Graduação, o que possibilitou que eu fosse liberado do trabalho para me dedicar a esta pesquisa.

# *Sumário*

<b>Lista de Figuras</b>	p. ix
<b>Lista de Tabelas</b>	p. xi
<b>Lista de abreviaturas e siglas</b>	p. xii
<b>1 Introdução</b>	p. 1
1.1 Motivação . . . . .	p. 1
1.2 Contribuições . . . . .	p. 3
1.3 Estrutura da dissertação . . . . .	p. 4
<b>2 Uso de ontologia para caracterizar contexto</b>	p. 6
2.1 Introdução . . . . .	p. 6
2.2 Ontologia . . . . .	p. 7
2.2.1 Construção da Ontologia . . . . .	p. 9
2.3 Definição de contexto . . . . .	p. 11
2.4 Ontologias caracterizando contexto . . . . .	p. 15
2.4.1 Exemplos de ontologias representando contexto . . . . .	p. 17
2.5 Sumário . . . . .	p. 23
<b>3 Utilização de metadados para recuperação de documentos</b>	p. 24
3.1 Introdução . . . . .	p. 24
3.2 Sistemas de hipermídia abertos . . . . .	p. 25
3.3 Metadados para recuperar documentos . . . . .	p. 29

---

3.4	Formas de representação de metadados . . . . .	p. 30
3.4.1	Texto . . . . .	p. 30
3.4.2	<i>Tags</i> . . . . .	p. 32
3.4.3	RDF e ontologia . . . . .	p. 37
3.5	Navegadores que usam recursos de Web Semântica . . . . .	p. 39
3.6	Sumário . . . . .	p. 45
<b>4</b>	<b>Navegação conceitual</b>	p. 46
4.1	Introdução . . . . .	p. 46
4.2	Preparação do ambiente de navegação conceitual . . . . .	p. 48
4.2.1	Índice semântico . . . . .	p. 48
4.3	Proposta de navegação conceitual . . . . .	p. 50
4.3.1	Inserção de <i>links</i> em páginas Web . . . . .	p. 53
4.3.2	Navegação pela ontologia . . . . .	p. 55
4.3.3	Benefícios da navegação conceitual . . . . .	p. 58
4.4	Sumário . . . . .	p. 59
<b>5</b>	<b>Uma arquitetura para navegação conceitual</b>	p. 60
5.1	Introdução . . . . .	p. 60
5.2	Módulo de inserção de links conceituais em páginas Web . . . . .	p. 60
5.3	Módulo de navegação sobre conceitos de uma ontologia . . . . .	p. 62
5.4	Implementação da arquitetura . . . . .	p. 63
5.4.1	Módulo de inserção de links conceituais . . . . .	p. 63
5.4.2	Módulo de navegação pela ontologia . . . . .	p. 66
5.5	Exemplo de uso do NavCon . . . . .	p. 69
5.6	Comparação com outras ferramentas . . . . .	p. 73
5.6.1	Comparação com ferramentas que recuperam documentos . . . . .	p. 73

---

5.6.2	Comparação com navegadores que usam recursos de Web Semântica	p. 75
5.7	Análise da arquitetura . . . . .	p. 77
5.8	Sumário . . . . .	p. 78
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	p. 79
6.1	Conclusões . . . . .	p. 79
6.2	Trabalhos futuros . . . . .	p. 80
	<b>Referências Bibliográficas</b>	p. 82

## *Lista de Figuras*

2.1	Parte de uma ontologia de um ambiente empresarial . . . . .	p. 17
2.2	Context Ontology [Wang et al. 2004] . . . . .	p. 18
2.3	Especificação da CONON em um domínio doméstico [Wang et al. 2004] . . .	p. 19
2.4	Ontologia de estados afetivos [Benta, Rarau e Cremene 2007] . . . . .	p. 20
2.5	Exemplo de perfil ontológico de usuário [Sieg, Mobasher e Burke 2007] . . .	p. 21
2.6	Ontologia MX-Onto [Ferrara et al. 2006] . . . . .	p. 22
3.1	Exemplos de <i>links</i> recuperados pelo sistema DLS[Carr et al. 1995] . . . . .	p. 27
3.2	Modelo em camadas para recuperação de documentos usando metadados . .	p. 29
3.3	Modelo em camadas usando texto como metadado . . . . .	p. 31
3.4	Modelo em camadas usando <i>tags</i> como metadado . . . . .	p. 33
3.5	Exemplo de <i>tag cloud</i> . . . . .	p. 34
3.6	Exemplo de consulta na ferramenta de busca Quintura . . . . .	p. 35
3.7	Indexação usando ontologia . . . . .	p. 38
3.8	Exemplo de consulta realizada com o navegador Tabulator . . . . .	p. 41
3.9	Exemplo de consulta realizada com o navegador Disco . . . . .	p. 42
4.1	Associação entre conceitos de uma ontologia e páginas HTML usando índice semântico . . . . .	p. 49
4.2	Diagrama de sequência da navegação conceitual . . . . .	p. 52
4.3	Documento Web sem <i>links</i> conceituais . . . . .	p. 54
4.4	O mesmo documento Web após a inserção de <i>links</i> conceituais . . . . .	p. 55
4.5	Exemplo de navegação conceitual . . . . .	p. 56
4.6	Exemplo de navegação conceitual . . . . .	p. 57

---

5.1	Inclusão de <i>links</i> conceituais em uma página Web . . . . .	p. 61
5.2	Navegação sobre um grafo de conceitos . . . . .	p. 62
5.3	Visualização da ontologia usando cores diferentes para representar tipos de relacionamento diferentes . . . . .	p. 67
5.4	Ontologia de um processo de desenvolvimento de <i>software</i> . . . . .	p. 70
5.5	Exemplo de páginas Web contendo <i>links</i> conceituais . . . . .	p. 72
5.6	<i>Applet</i> com um grafo de conceitos da ontologia . . . . .	p. 72

## *Lista de Tabelas*

3.1	Comparação entre os tipos de metadados . . . . .	p. 31
5.1	Exemplos de vetores de palavras associadas a conceitos . . . . .	p. 71
5.2	Comparação entre o NavCon e ferramentas de recuperação de documentos . .	p. 74
5.3	Comparação entre o NavCon e navegadores que usam recursos de Web Semântica . . . . .	p. 75

## *Lista de abreviaturas e siglas*

API	Application Programming Interface
COHSE	Conceptual Open Hypermedia Service
DLS	Distributed Link Service
HTML	HiperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
OHS	Sistema de HiperMídia Aberto
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Framework
RDFS	Resource Description Framework Schema
URI	Uniform Resource Identifier
W3C	World Wide Web Consortium
WBI	Web Intermediate
XML	Extensible Markup Language



# ***1 Introdução***

*Este capítulo apresenta a motivação, o objetivo, as contribuições e a organização da dissertação.*

## **1.1 Motivação**

Intranets disponibilizam recursos para prover, aos empregados das empresas, acesso a informações corporativas, sistemas e ferramentas para trabalho cooperativo. Em ambientes corporativos, as intranets têm sido essenciais para a gestão do conhecimento. E se baseiam, principalmente, em recursos Web.

A World Wide Web consiste basicamente de uma rede de documentos cujo conteúdo é compreensível apenas por seres humanos. Berners-Lee [Berners-Lee, Hendler e Lassila 2001] apresentou a Web Semântica como uma evolução da Web para um ambiente em que agentes de software podem fazer inferências, deduções e busca de informações na rede. No contexto da Web Semântica, metadados são associados a documentos em um formato que os agentes possam entender.

Além do uso por agentes, os metadados podem ser usados para recuperação de documentos. Geralmente, os metadados são armazenados separados do conteúdo do documento. Pode-se considerar um modelo de armazenamento de documentos com duas camadas distintas, sendo uma de armazenamento de metadados e uma de armazenamento de documentos. Para representar os metadados, podem ser usados formatos como textos, *tags* ou ontologias.

Gruber [Gruber 1993] define uma ontologia como uma especificação formal e explícita

de uma conceitualização compartilhada. Ontologia é uma tecnologia-chave para viabilizar a proposta da Web Semântica [Berners-Lee, Hendler e Lassila 2001, Domingue e Dzbor 2004]. Uma ontologia pode descrever formalmente um domínio, e consiste de uma lista de termos e de relacionamentos entre eles. Os termos descritos em uma ontologia representam os conceitos existentes em um domínio [Antoniou e van Harmelen 2004].

Para os propósitos deste estudo, considera-se que uma ontologia é capaz de capturar e representar adequadamente um contexto. No que tange à gestão do conhecimento, a utilização de ontologias para caracterizar um contexto pode habilitar empregados a padronizar os conceitos relativos aos termos que utilizam, resultando em uma representação do conhecimento mais uniforme. Ontologias podem também servir de elos entre documentos de uma base de conhecimento. As empresas podem utilizar recursos de Web Semântica para gerenciar seu conhecimento, fornecendo recursos adicionais em intranets.

Para que um sistema de gestão do conhecimento seja bem-sucedido, é fundamental a utilização de ferramentas de navegação que ajudem os usuários a encontrar o conhecimento desejado [Sure e Studen 2003]. Para localizar uma informação, geralmente, o usuário pode escolher um dos dois métodos a saber: consulta a uma base de conhecimento e navegação pela base de conhecimento [Sure e Studen 2003].

Em ambientes Web, a procura por uma informação geralmente se dá por meio de uma pesquisa, seguida de uma navegação manual. A maioria dos usuários tem dificuldade de formular consultas apropriadas para melhorar a precisão da pesquisa que realiza. Essa dificuldade deve-se a uma série de fatores, incluindo falta de habilidade com a língua, falta de conhecimento de termos relacionados ao assunto pesquisado e até dificuldade de aprendizado acerca de formulação adequada de consultas [Pandit e Olston 2007].

Assim, é comum o usuário iniciar sua pesquisa por uma consulta mais genérica, passando, em seguida, a usar a navegação para refinar a busca até localizar a informação desejada.

Percebe-se, então, que o esforço para se obter uma informação pode consumir tempo em demasia. Durante a navegação em um ambiente de hiperligações, o usuário pode naturalmente

afastar-se de seu objeto de busca. Sendo assim, é interessante que se ofereçam ao usuário de um ambiente de gestão do conhecimento recursos que facilitem sua navegação em busca de informações. A utilização de um recurso que direcione a navegação do usuário poderá reduzir a dificuldade de obtenção da informação.

O presente estudo introduz o conceito de navegação conceitual e apresenta uma arquitetura que o implementa, denominada NavCon.

A navegação conceitual inicia-se com uma consulta qualquer a um documento Web. A esse documento são adicionados *links* conceituais que, por sua vez, direcionam a navegação por conceitos existentes em uma ontologia. Por meio da navegação pelos conceitos da ontologia, pode-se ter acesso a novos conceitos e a outros documentos Web.

Este estudo propõe que o uso de navegação conceitual proporciona uma redução no esforço despendido na recuperação de informações.

## 1.2 Contribuições

A primeira contribuição deste estudo é a definição de navegação conceitual. A navegação conceitual faz uso de uma rede de conceitos, previamente organizada, no formato de ontologias, para proporcionar mecanismos que otimizem a navegação do usuário pela Web. O uso de ontologias fornece um contexto no qual o usuário é inserido durante a navegação pela Web. A utilização de um contexto visa reduzir a recuperação de informações desnecessárias, ajudando o usuário a manter o foco em sua pesquisa.

A segunda contribuição é a proposta de uma arquitetura que implementa a navegação conceitual. A referida arquitetura sugere o uso de *links* dinâmicos inseridos nas páginas Web para acessar os conceitos de uma ontologia. O serviço de marcação das páginas Web é implementado em um *proxy*. A navegação pela ontologia se dá por meio de um grafo dos conceitos e seus relacionamentos. A partir do grafo, acessa-se uma lista de endereços que contém documentos relacionados a um conceito selecionado.

A terceira contribuição é um sistema que implementa a arquitetura. Referido sistema demonstra, de forma prática, a aplicação da navegação conceitual em uma intranet. O sistema é utilizado para fornecer exemplos de uso da navegação conceitual.

A quarta contribuição é a proposta de aplicação da navegação conceitual e da arquitetura em um ambiente de gestão do conhecimento. O uso de navegação conceitual possibilita que usuários inseridos em um ambiente de gestão do conhecimento naveguem inseridos em um contexto. Navegar inserido em um contexto significa que usuários poderão recuperar documentos com mais facilidade e que conhecerão os relacionamentos existentes entre os documentos disponíveis em uma intranet. Sugere-se que o uso de contexto direcione a navegação de um usuário pela Web e, assim, reduza o esforço na recuperação de documentos, além de possibilitar que o usuário mantenha o foco na tarefa que deseja executar.

Em ambientes amplos, como a própria internet, a tarefa de construção de um índice semântico e de ontologias que englobem todo o conteúdo disponível na rede mundial torna-se bastante árdua.

Assim sendo, o estudo desenvolvido nesta dissertação analisou a aplicação da navegação conceitual e da arquitetura em uma intranet contida em um ambiente de uma empresa. A escolha desse ambiente restrito possibilitou limitar a construção da ontologia e do índice semântico que a suportam.

Os resultados apresentados nesta dissertação consideram a aplicação da navegação nesse ambiente restrito.

## **1.3 Estrutura da dissertação**

Além da introdução, apresentada no primeiro capítulo, esta dissertação compreende mais cinco capítulos.

O capítulo 2 introduz conceitos para caracterizar o contexto em um ambiente de gestão do conhecimento usando ontologias.

No capítulo 3, explica-se o uso de metadados para recuperação de documentos e demonstra-se como o emprego de ontologias e recursos de Web Semântica podem contribuir para a recuperação de documentos dentro de um contexto. As tecnologias apresentadas nesse capítulo formam a base para a proposta apresentada nos capítulos seguintes.

O capítulo 4 apresenta a definição de navegação conceitual.

No capítulo 5, descreve-se uma proposta de arquitetura para Navegação Conceitual; mostram-se exemplos de aplicação da arquitetura Proposta; e faz-se uma comparação do NavCon com outros sistemas que fazem uso de metadados para recuperar documentos.

O capítulo 6 reúne as conclusões e propostas para estudos futuros.

## 2 *Uso de ontologia para caracterizar contexto*

*Neste capítulo, são apresentados a definição de contexto e o emprego de ontologias para caracterizar contextos.*

### 2.1 Introdução

Segundo Davenport and Prusak [Davenport, Prusak e Prusak 1997], o conhecimento

é um fluido misto de experiências, valores, informações contextuais e *insights* de especialistas que proveem uma estrutura para avaliar e incorporar novas experiências e informação. Nas organizações, ele frequentemente se torna embutido não somente em documentos ou repositórios, mas também nas rotinas, processos, práticas e normas organizacionais.

Desde muito tempo, as organizações valorizam o conhecimento de seus empregados, mas ultimamente “muitas organizações têm percebido que elas requerem mais que uma abordagem casual (e mesmo inconsciente) do conhecimento corporativo, se elas querem ter sucesso nas economias de hoje e de amanhã” [Davenport, Prusak e Prusak 1997], ou seja, elas precisam de uma gestão do conhecimento.

De acordo com Hubert [Hubert 2001], pode-se entender a gestão do conhecimento como um enfoque sistemático para ajudar o conhecimento a fluir para as pessoas certas, nos momentos certos, de modo que possa ser usado mais efetiva e eficientemente. A gestão do conhecimento tem como principais objetivos encontrar, entender, compartilhar e usar o conhecimento para criar valor.

Estudos demonstram que há uma estreita ligação entre gestão do conhecimento e tecnolo-

gia da informação. Em muitos casos, a gestão do conhecimento não seria possível sem uma intranet [Clarke e Cooper 2000]. A Web tornou-se um importante instrumento de gestão do conhecimento, por possibilitar e promover a aquisição, disseminação e compartilhamento do conhecimento em nível corporativo.

“A tecnologia de intranet provê uma infraestrutura padrão na qual todas as fases da aprendizagem organizacional podem ser suportadas” [Harvey, Palmer e Speier 1997].

A intranet tem possibilitado o desenvolvimento de portais corporativos, onde os empregados têm acesso a informações e sistemas corporativos e a ferramentas de trabalho cooperativo.

Armazenar documentos em uma intranet, por si só, não é suficiente para uma efetiva gestão do conhecimento. É preciso estabelecer as relações entre as informações armazenadas, de forma a criar um contexto compartilhado [Davies, Fensel e van Harmelen 2003].

As relações entre as informações podem ser estabelecidas fazendo-se uso de ontologias. Os tópicos 2.2 e 2.4 apresentam algumas definições de ontologia e algumas maneiras como esse recurso pode ser aplicado (a) para criar um contexto compartilhado.

## **2.2 Ontologia**

A definição de ontologia mais encontrada na literatura sobre web semântica é a de Gruber. [Gruber 1993] define uma ontologia como uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada. Conceitualização representa um modelo abstrato, de um fenômeno, que identifica os conceitos relevantes para esse fenômeno. Essa especificação é dita explícita porque os elementos e suas restrições estão claramente definidos. É uma especificação formal na medida em que a ontologia deve ser passível de processamento automático. Ser considerada uma conceitualização compartilhada significa que uma ontologia captura um conhecimento consensual, aceito por um grupo de pessoas [Breitman 2005].

Uma ontologia descreve formalmente um conjunto de conceitos e os relacionamentos entre eles, de modo a representar uma área de conhecimento. Um conceito é uma abstração de algo

existente no mundo real que se deseja representar.

De modo prático, uma ontologia compreende vários itens, destacando-se [Vasconcelos 2003]:

- conceitos que representam tópicos na definição de um domínio de conhecimento;
- Definição de características relevantes para esses tópicos; e
- definição de relacionamentos entre os conceitos.

Guarino [Guarino 1998] classifica as ontologias em três tipos:

- **Ontologias de alto nível** descrevem conceitos gerais, como tempo, espaço, objeto, ação e evento. Em ontologias de alto nível os conceitos são independentes de um domínio, podendo ser usadas por um grupo maior de usuários.
- **Ontologias de domínio e ontologias de tarefa** descrevem, respectivamente, o vocabulário relacionado a um domínio e uma atividade através da especialização dos conceitos definidos em ontologias de alto nível. Medicina e automóveis são exemplos de domínios, enquanto diagnóstico e venda são exemplos de atividades.
- **Ontologias de aplicação** descrevem conceitos que dependem tanto de ontologias de domínio quanto de ontologias de tarefa. Esses conceitos costumam ser especializações dos dois citados tipos de ontologia. Os conceitos correspondem a papéis representados por uma entidade de um domínio na execução de uma atividade.

Para se poder identificar um conceito, faz-se uso de uma URI (*Uniform Resource Identifier* [Swartz 2002]. URI é um identificador único de um recurso na Web. As URIs possuem uma abrangência global, podendo ser interpretadas de maneira consistente entre contextos diferentes. Associar uma URI a um recurso significa que qualquer agente é capaz de recuperar ou se referir a esse recurso [Shadbolt, Berners-Lee e Hall 2006].

Ontologias costumam ser expressas em uma linguagem baseada em lógica, possibilitando que se estabeleçam distinções consistentes e apuradas entre classes, propriedades e relacionamentos [Alesso e Smith 2008]. Algumas ferramentas de ontologia podem executar inferência



automática usando a ontologia. Dessa forma, podem prover serviços para aplicações inteligentes, como pesquisa semântica, agentes de *software*, *e-commerce*, gestão do conhecimento e ferramentas baseada em contexto.

Uma linguagem proposta, pelo World Wide Web Consortium (W3C), para descrever ontologias é a *Web Ontology Language*(OWL)<sup>1</sup>. A OWL pode ser usada para descrever classes, propriedades e relacionamentos entre classes que são inerentes a documentos Web e aplicações. É possível formalizar um domínio sobre uma área de conhecimento através da definição de classes e suas propriedades, indivíduos e atribuição de propriedades a esses indivíduos.

Para comparar uma informação conceitual em bases distintas na Web, um programa precisa ter a capacidade de identificar quando termos diferentes possuem o mesmo significado. Isso pode ser resolvido fazendo-se uso de ontologias.

### 2.2.1 Construção da Ontologia

Atualmente, uma ontologia pode ser construída por meio de diversos métodos. Não se pode garantir que haja um método mais adequado para a construção de uma ontologia. O método de construção deve ser selecionado de acordo com a situação e com o objetivo para o qual a ontologia será construída.

Segundo [Noy e McGuinness 2001], para a construção de ontologias é fundamental o conhecimento de três regras básicas:

- não há só uma maneira correta para se modelar um domínio - sempre haverá modos alternativos. A melhor solução dependerá da aplicação e da extensão da ontologia que se pretende desenvolver;
- o desenvolvimento de uma ontologia é um processo necessariamente iterativo; e
- conceitos, em uma ontologia, devem aproximar-se de objetos e relacionamentos do domínio de interesse. Geralmente, pode-se encontrar os objetos em nomes e os relaciona-

---

<sup>1</sup><http://www.w3.org/2004/OWL/>

mentos em verbos de sentenças que descrevem o domínio.

A construção de uma ontologia pode ser feita por um especialista, por um grupo de especialistas ou de forma cooperativa.

A construção da ontologia por especialistas pode ser feita atribuindo-se um formalismo mais rigoroso. Uma ontologia é, em essência, um acordo entre seus usuários acerca dos conceitos nela contidos. Sendo assim, é fundamental que sua construção se dê de modo formal, para que se possa reduzir a discordância ou ambiguidade na definição do domínio que ela representa.

É justamente esse formalismo que possibilita a obtenção de uma semântica bem definida. Geralmente, uma pessoa ou grupo de especialistas é responsável por definir conceitos de uma ontologia. Por exemplo, em um ambiente de gestão do conhecimento de uma empresa, pode haver um administrador ou um grupo de administradores com poder para criar e manter a ontologia da companhia. Pode-se criar um grupo de trabalho que fique responsável por identificar os conceitos dentro da empresa e mapeá-los em uma ontologia. O grupo fica também responsável pela definição de práticas para disseminação e uso da ontologia criada.

A construção manual é um gargalo para o uso mais intenso de ontologias. A construção manual demanda grande esforço por parte dos especialistas que a executam. A manutenção da ontologia, quando há necessidade, por exemplo, de se incluir novos conceitos, também requer intensa dedicação dos especialistas. Além disso, presume-se que o especialista seja uma pessoa com profundo conhecimento do domínio que vem sendo modelado em uma ontologia. Esse especialista adquire o caráter de uma autoridade com capacidade para definir os conceitos que serão aceitos e compartilhados pelos demais usuários da ontologia. O esforço de construção e a aceitação da ontologia por uma comunidade são fatores que dificultam o uso mais aprofundado das ontologias.

Por possuírem esse rigor formal, as ontologias tendem a apresentar um caráter mais estático. As mudanças na definição da ontologia não são frequentes, devido à necessidade de análise pelos especialistas.

Por outro lado, ontologias podem também ser desenvolvidas colaborativamente por seus usuários, o que torna mais flexível e menos formal o processo de construção.

Na construção de uma base de conhecimento de modo colaborativo, é comum o uso de ferramentas de anotações que categorizam documentos Web por meio da associação de *tags*. *Folksonomias* [Mathes 2004] podem emergir a partir das *tags* mais usadas. Comumente, *folksonomias* são simples, e surgem do uso frequente. *Folksonomias* possuem a vantagem de serem compartilhadas da mesma forma que as ontologias pretendem ser.

*Folksonomias* podem evoluir para ontologias. Nesse caso, o esforço de construção da ontologia é reduzido durante a coleta e criação de conceitos. A presença de especialistas ainda se faz necessária para refinar a ontologia, eliminando conceitos inadequados ao domínio e alinhamento às divergências de compreensão.

Um problema com o uso de *tags* e *folksonomias* é que elas formam um vocabulário não controlado. É muito difícil estabelecer um consenso em relação aos termos que devem ser associados a documentos. É normal que usuários diferentes possuam compreensões diferentes acerca de um mesmo documento. Essa situação provoca ambiguidade quando se considera não apenas que haja compreensões distintas acerca do mesmo documento, mas também que o mesmo termo possa ser usado em documentos diferentes com conotações distintas.

Assim, uma medida paliativa para a ausência de um vocabulário controlado é o uso de uma ontologia que define o domínio das *tags* usadas para marcação do texto. Os usuários, então, apenas podem atribuir, a documentos, termos selecionados dentre aqueles contidos na ontologia.

## 2.3 Definição de contexto

O conceito de contexto é muito subjetivo, variando de acordo com sua aplicação. Ao mesmo tempo, contexto é um conceito bastante intuitivo, mas difícil de definir. Assim, faz-se necessário apresentar a definição de contexto adotada neste estudo.

Muitos autores apresentam definições de contexto por meio da “enumeração de entidades” que podem representar um contexto. Dessa forma, vários autores [Schilit, Adams e Want 1994, Brown, Bovey e Chen 1997, Ryan, Pascoe e Morse 1998] referem-se a contexto como sendo localização, identificação de pessoas e objetos próximos e alterações nesses objetos. Outros acrescentam fatores relacionados a tempo e clima, como a hora do dia, a temperatura e as estações do ano. Resumidamente, as enumerações mais comuns de contexto podem ser definidas em localização, identidade, ambiente e tempo. [Dey 2001] acrescenta ainda o estado emocional do usuário e o foco de sua atenção à lista de fatores que podem definir contexto.

[Dey 2001] argumenta que uma lista de fatores enumerados não é suficiente para definir um conceito para contexto, pois essa definição seria incompleta ou ambígua.

Na opinião de [Schilit, Adams e Want 1994], três fatores de contexto são importantes: onde você está, quem está próximo e que recursos estão próximos. O autor utiliza esses fatores de contexto para definir aplicações sensíveis ao contexto que mudam seu comportamento de acordo com variações no ambiente em que se encontram.

[Schilit, Adams e Want 1994] dividem a computação sensível ao contexto em quatro categorias:

- **Seleção de proximidade.** Técnica de interface com o usuário na qual os objetos que se encontram nas proximidades são enfatizados ou, pelo menos, mais fáceis de encontrar.
- **Reconfiguração automática contextual.** É o processo de inclusão de novos componentes, removendo antigos componentes ou alterando conexões entre componentes.
- **Informação e comandos contextuais.** Explora o fato de que o comportamento das pessoas pode ser previsto de acordo com a situação. Com base nisso, consultas feitas com informação contextual podem produzir resultados diferentes, a depender do contexto. Analogamente, o contexto pode parametrizar comandos para atuarem de maneiras diferentes.
- **Ações disparadas pelo contexto.** Trata-se de regras de condição IF-THEN que especificam como a aplicação sensível ao contexto deve comportar-se.

[Pascoe 1998], por sua vez, procura definir algumas habilidades que podem descrever uma aplicação sensível ao contexto. O autor sugere que as seguintes habilidades genéricas indicam sensibilidade ao contexto:

- **Perceber o contexto.** O computador é capaz de detectar o estado do ambiente e apresentá-lo de maneira conveniente para o usuário.
- **Adaptação contextual.** Em vez de fornecer um serviço uniforme, independentemente das circunstâncias do usuário, a aplicação é capaz de se alterar de acordo com a situação.
- **Descoberta de recursos contextual.** A aplicação consegue descobrir e explorar recursos que estão disponíveis em cada situação.
- **Aprimoramento contextual.** Estende a capacidade da aplicação, por meio da expansão do ambiente, usando informação adicional.

Alguns tipos de contexto, na prática, são mais utilizados que outros. São eles: a localização, a identidade, a atividade e o tempo. A atividade diz respeito ao que está acontecendo em determinado momento.

[Dey 2001] define contexto como “toda informação que pode caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto considerado relevante para a interação entre o usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a própria aplicação”.

O autor ainda defende que “um sistema é baseado em contexto se ele usa o contexto para fornecer informação e/ou serviço relevante ao usuário onde a relevância depende da tarefa do usuário”.

Pode-se entender um sistema baseado em contexto como sendo aquele capaz de extrair, interpretar e usar informações de contexto e adaptar suas funcionalidades de acordo com o contexto definido por essas informações.

[Brézillon 1999] argumenta que o principal papel do contexto é fornecer um controle maior sobre o conhecimento. O contexto identifica qual conhecimento deve ser considerado, em quais

condições de ativação, quais os limites de validade e qual o momento de utilizá-lo. Esses fatores comprovam a importância da construção e uso de sistemas de conhecimento confiáveis. Nesse caso, o contexto age como um filtro para fornecer significado e reduzir a quantidade de informações apresentada ao usuário. O contexto filtra a informação que é relevante para a realização de uma tarefa pelo usuário.

Quando se trata de navegação pela Web para busca de informação, pode-se considerar que o contexto da navegação está associado ao assunto a que se reporta o usuário pesquisador. A navegação inserida em um contexto deve exibir para o usuário informação relevante relacionada à tarefa que ele executa. Por exemplo, ao navegar dentro do contexto de seu ambiente de trabalho, o usuário buscará documentos relacionados aos assuntos desse ambiente. O contexto ajuda a filtrar a informação que será apresentada ou a direcionar a informação para pontos considerados mais relevantes para as necessidades do usuário no momento da consulta.

Há vários motivos pelos quais o uso de contexto pode ser considerado importante. O primeiro deles é que o contexto reduz o custo de entrada de dados do usuário. A entrada explícita de dados interrompe o raciocínio do usuário e reduz a velocidade da interação do usuário com o sistema. O contexto torna mais eficiente a comunicação homem-máquina. O segundo motivo é o fato de o contexto agregar valor à experiência do usuário com pequeno esforço deste último. Com auxílio do contexto, aplicações interativas podem fornecer acessórios que facilitam a vida do usuário. O terceiro motivo diz respeito ao benefício que o usuário obtém ao utilizar um contexto compartilhado. Entende-se que um usuário está inserido em um grupo, de amigos, familiares ou de colegas de trabalho, que possuem interesses similares. Algo que atraia a atenção de um membro desse grupo tem grande chance de ser do interesse dos demais membros. Compartilhando o contexto, um sistema pode oferecer um serviço melhor [Hong, Chiu e Shen 2005].

De acordo com [Nunes, Santoro e Borges 2007],

a importância do conhecimento contextualizado se deve ao fato deste possuir a capacidade de prover maior significado à atividade, fatos, artefatos gerados e decisões tomadas. Além disso, o conhecimento contextual, quando tratado em um modelo de gestão de conhecimento, atua como um filtro que apoia na descoberta de informações comparando o contexto atual com aqueles disponíveis na memória organizacional.

Em um ambiente de gestão do conhecimento, a atividade é um fator importante de definição de contexto. Geralmente, um trabalhador, em um ambiente de gestão do conhecimento, realiza atividades com o objetivo de executar uma tarefa. Para desempenhar tais atividades, o usuário costuma consultar informações que o auxiliem. Assim, as informações devem ser fornecidas de acordo com o contexto formado pelas atividades desenvolvidas.

## 2.4 Ontologias caracterizando contexto

Frequentemente, ontologias são usadas para caracterizar um contexto. Esse contexto pode servir como filtro para as informações disponíveis, na internet ou em uma intranet, que são de interesse do usuário.

Ontologias são frequentemente usadas para modelagem de contextos que atendem aplicações específicas. Pode-se identificar duas maneiras de se modelar um contexto:

- Ontologia representando informações sobre o contexto do usuário e do ambiente no qual está inserido. Nesse caso, procura-se usar a ontologia para representar as informações de contexto, como a localização do usuário ou da aplicação, o tempo, atividades e recursos ou pessoas próximas.
- Ontologia representando informações de domínio acerca de um assunto específico. Usa-se a ontologia para modelar um domínio ou um perfil do usuário em relação a seus interesses. Nesse caso, o contexto representado pela ontologia é usado para selecionar as informações que são recuperadas pelo usuário.

Considera-se fundamental que as diversas partes que interagem em um serviço possuam a mesma interpretação acerca dos dados que são compartilhados e dos significados que esses dados possuem [Strang, Linnhoff-Popien e Frank 2003]. O uso de ontologias pode atender ao propósito de armazenar um conhecimento que é compartilhado dentro de um contexto.

Há vários motivos pelos quais ontologias podem ser usadas para representar contexto, destacando-se [Wang et al. 2004]:

- **Compartilhamento do conhecimento.** O uso de ontologias em um contexto possibilita que entidades computacionais tenham um entendimento comum sobre conceitos enquanto interagem umas com as outras.
- **Inferência.** Com base em ontologias, aplicações sensíveis ao contexto podem usar máquinas de inferência para deduzir conceitos de alto nível a partir de conceitos de baixo nível.
- **Reuso do conhecimento.** O uso de ontologias bem estabelecidas na Web possibilita que se construam ontologias de contexto sem necessidade de começar do *zero*.

Além do compartilhamento de conhecimento por aplicações, ontologias podem ser usadas para compartilhar conhecimento entre pessoas. Os formatos com que ontologias são representadas, geralmente são compreensíveis também por seres humanos. Além disso, podem ser desenvolvidas aplicações para visualização em formatos mais acessíveis às pessoas. Dessa forma, os conceitos e relacionamentos contidos nas ontologias podem ser entendidos também por seres humanos.

Fahley and Prusak [Fahley e Prusak 1998] argumentam que a criação de um contexto compartilhado é crucial para a gestão do conhecimento. Referidos autores definem um contexto compartilhado como sendo um entendimento comum dos termos externos e internos de uma organização, e de como esses termos são conectados. De acordo com Fahley e Prusak, o desenvolvimento de um contexto compartilhado requer o estabelecimento de um vocabulário comum.

Uma empresa pode armazenar informações em forma de ontologias, estabelecendo, dessa maneira, um vocabulário comum. Essas ontologias podem definir as relações entre a informação compartilhada em uma intranet. Os conceitos contidos na ontologia, representados pelas classes e indivíduos, compõem os termos de um vocabulário compartilhado. Esses conceitos de uma ontologia possuem relacionamentos que podem representar as relações entre os termos do vocabulário comum. Com isso, tem-se uma definição das relações entre as informações compartilhadas.



A Figura 2.1 mostra um exemplo de parte de uma ontologia que define conceitos de um ambiente empresarial. A representação explícita de dados semânticos, acompanhada com as teorias do domínio que estes representam, possibilita a oferta de uma Web que fornece serviços com um novo nível de qualidade [Davies et al. 2005].

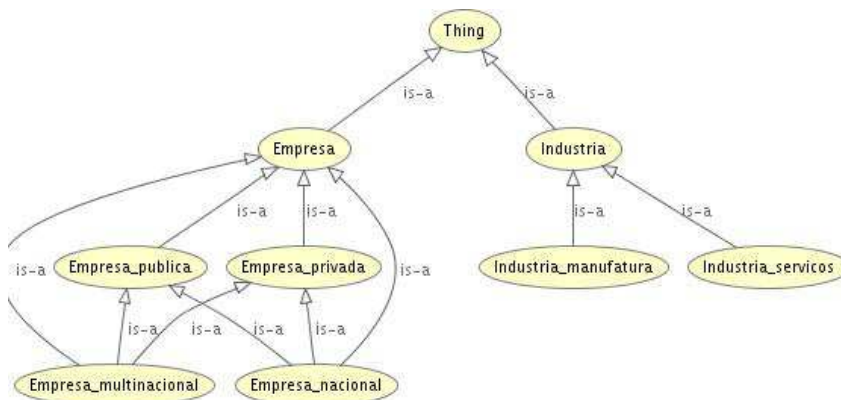


Figura 2.1: Parte de uma ontologia de um ambiente empresarial

O uso de ontologias e de ferramentas que as suportam dá oportunidade para se melhorar a capacidade de gestão do conhecimento em uma empresa.

### 2.4.1 Exemplos de ontologias representando contexto

Pode-se citar, como exemplos que representam contexto, a ontologia CONON (*CONtext ONtology*), a ontologia de estados afetivos, a ontologia para recursos musicais MX-Onto e a representação de perfil ontológico de usuário. As duas primeiras são exemplos de ontologias que representam o contexto no qual o usuário está inserido, enquanto as duas últimas são exemplos de representação de contexto com intenção de selecionar a informação ofertada ao usuário.

#### Context Ontology (CONON)

A Context Ontology (CONON) [Wang et al. 2004] foi criada para modelar contexto em ambientes de computação ubíqua. Devido à dificuldade em se modelar todos os tipos de ambiente computacional, esse modelo tem como objetivo definir entidades de alto nível que possam ser estendidas para representar domínios mais específicos.

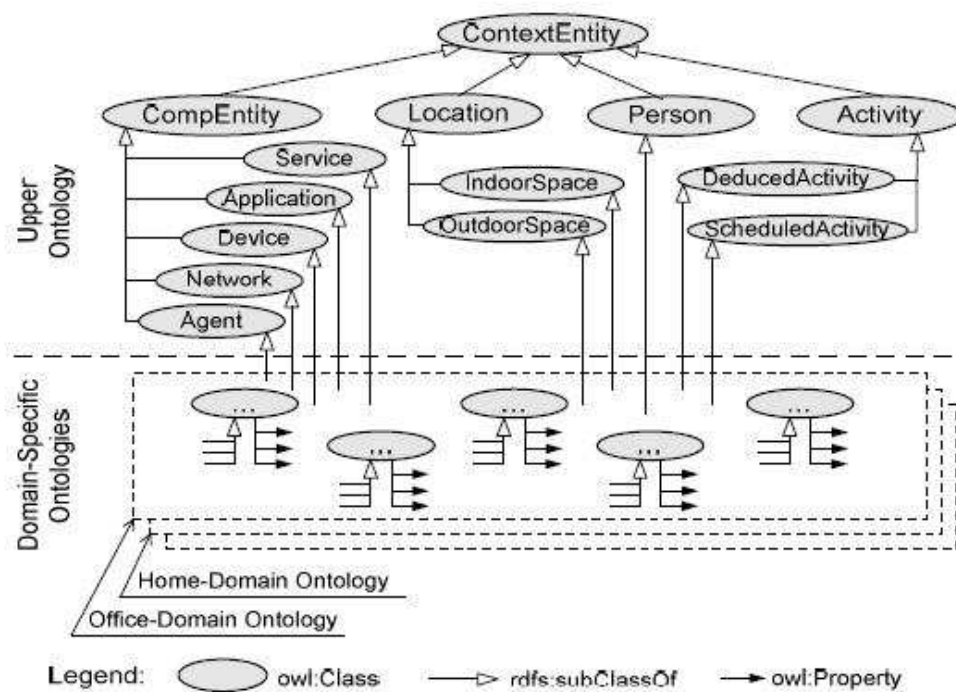


Figura 2.2: Context Ontology [Wang et al. 2004]

A Figura 2.2 mostra uma parte da definição da ontologia de alto nível da CONON. A ontologia apresenta uma série de conceitos abstratos, que descrevem objetos físicos ou conceituais, como **Person** (Pessoa), **Activity** (Atividade), **CompEnt** (Entidade Computacional) e **Locality** (Localidade).

A Figura 2.3 mostra a especificação da ontologia em um ambiente de aplicação doméstico. A ontologia apresenta classes de nível mais alto, como **Device** (Dispositivo) e **IndoorSpace** (Espaço Interior), hierarquicamente relacionadas a subclasses, como **TV**, **DVDPlayer**, **Room** (Sala) e **Garden** (Jardim).

A partir da especificação de uma ontologia que representa um ambiente doméstico, é possível desenvolver aplicações para dispositivos domésticos que se adaptem ao contexto de uma casa ou de cada um de seus moradores.

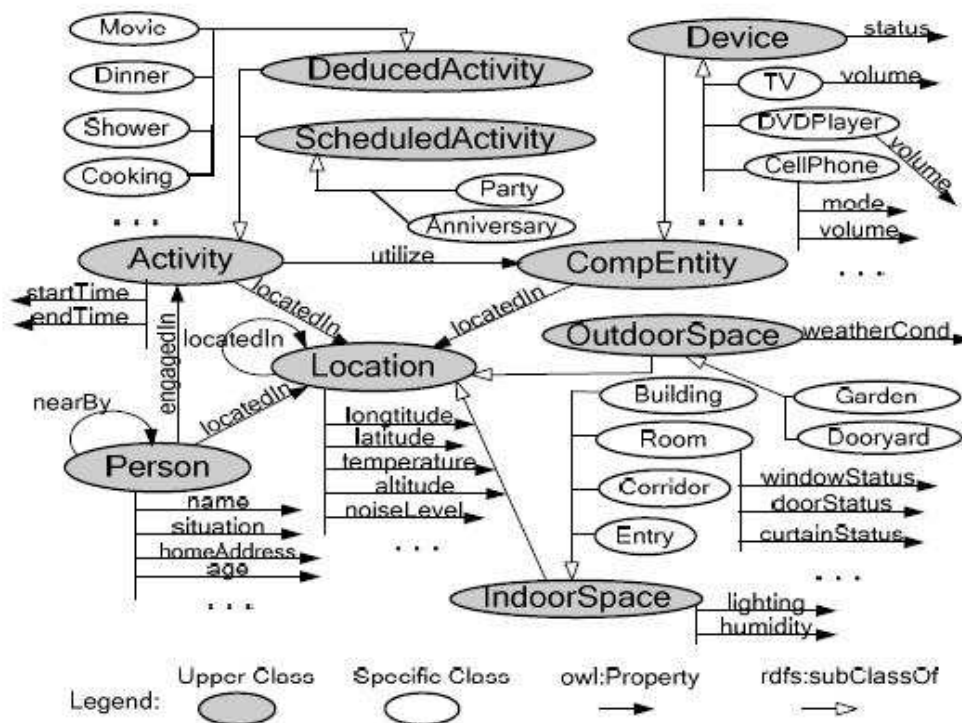


Figura 2.3: Especificação da CONON em um domínio doméstico [Wang et al. 2004]

### Ontologia de estados afetivos

[Benta, Rarau e Cremene 2007] propõe uma ontologia para representar estados afetivos de forma que esses estados possam ser usados em aplicações sensíveis ao contexto. O autor defende a ideia de que, além da localização, tempo e atividades e recursos próximos, os estados afetivos dos usuários também compõem o contexto em que o usuário está inserido.

A ontologia proposta no estudo de [Benta, Rarau e Cremene 2007] possui conceitos que podem representar o estado emocional do usuário. Referida ontologia pode ser visualizada na Figura 2.4.

Em seu estudo, [Benta, Rarau e Cremene 2007] sugere que esses estados podem ser capturados por uma aplicação, de forma que esta se adapte ao estado identificado.

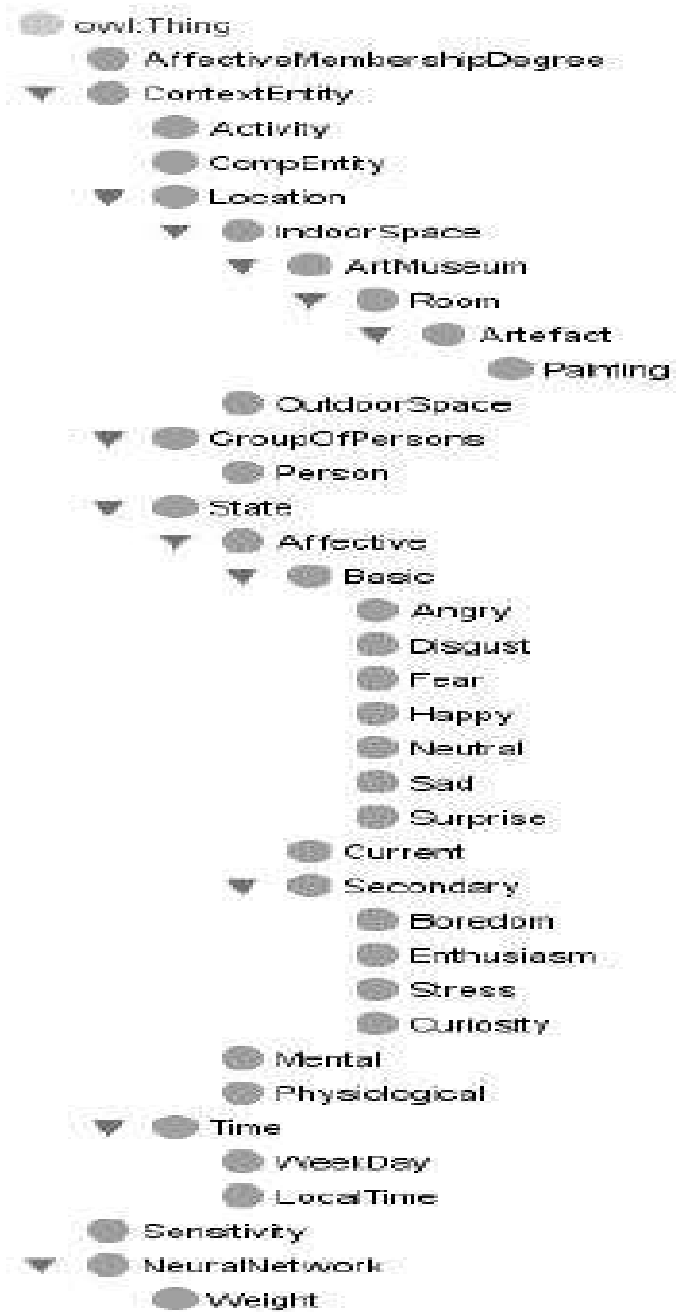


Figura 2.4: Ontologia de estados afetivos [Benta, Rarau e Cremene 2007]

### Perfil ontológico do usuário

[Sieg, Mobasher e Burke 2007] apresenta uma proposta para usar ontologias para caracterizar contexto de um usuário. Nessa proposta, usa-se como base uma ontologia que seja referência de um domínio. Nessa ontologia, anotam-se os conceitos com pontuações de acordo com o interesse do usuário sobre os conceitos. A pontuação de interesse é atribuída de modo automático, conforme o comportamento do usuário ao acessar uma informação.

A atribuição de pontuações para os conceitos corresponde ao que o autor chama de *perfil ontológico do usuário*. O contexto de um usuário é definido usando seu perfil ontológico.

A Figura 2.5 apresenta um exemplo de perfil de usuário com pontuações atribuídas aos conceitos identificados como sendo de seu interesse.

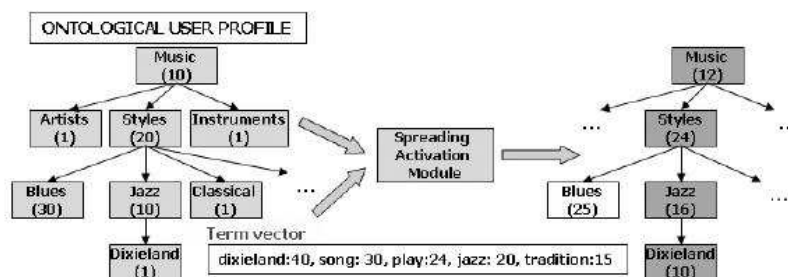


Figura 2.5: Exemplo de perfil ontológico de usuário [Sieg, Mobasher e Burke 2007]

O uso de ontologias como base para a definição do perfil do usuário possibilita que se faça um relacionamento dos interesses do usuário com os conceitos existentes em um domínio. Com base no perfil construído, pode-se personalizar o acesso do usuário à base de informações.

### Ontologia MX-Onto

[Ferrara et al. 2006] apresenta uma proposta de ontologia, para uma classificação baseada em contexto e recuperação de recursos musicais. Em sua proposta, [Ferrara et al. 2006] pretende desenvolver métodos e técnicas para comparar classificações diferentes de recursos musicais, dentro de seus contextos, por meio da avaliação da similaridade existente entre eles. A

Figura 2.6 mostra a ontologia proposta, denominada MX-Onto.

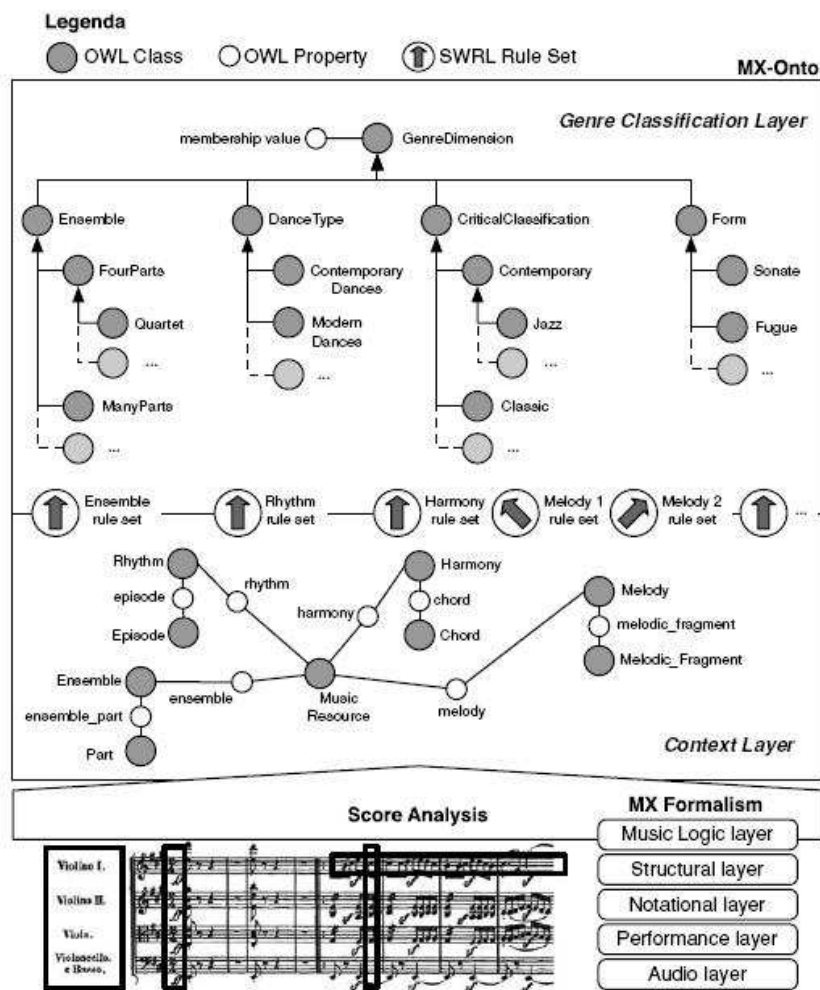


Figura 2.6: Ontologia MX-Onto [Ferrara et al. 2006]

Na ontologia MX-Onto, o contexto musical é representado por um conjunto de classes e propriedades. No contexto definido pela MX-Onto, um recurso musical é representado pela classe *Music\_Resource* (Recurso Musical), que é associada com seu contexto representado pelas classes *Ensemble* (Conjunto), *Rhythm* (Ritmo), *Melody* (Melodia) e *Harmony* (Harmonia). Além disso, foi definida também uma classe *Music\_Feature* (Característica Musical) para representar características específicas de cada uma dessas dimensões do contexto.

A representação da música com base em seu contexto é usada para dar suporte à identificação de recursos musicais de modo semântico. O contexto de um recurso musical fornece

uma descrição semântica das características desse recurso em relação às quatro dimensões de contexto apresentadas. Cada dimensão pode ser analisada em separado ou em combinação com as demais dimensões, de forma que se possa realizar uma consulta que faça retornar um conjunto de peças musicais que apresentam características relacionadas às características de um contexto.

## **2.5 Sumário**

Neste capítulo, foram apresentadas as definições de ontologia, em sistemas de computação, e de contexto. Em seguida, demonstrou-se como ontologias podem ser usadas para caracterizar contextos.

O próximo capítulo apresenta o uso de metadados como mecanismo para recuperação de documentos, incluindo exemplos de ferramentas de navegação Web.

## **3     *Utilização de metadados para recuperação de documentos***

*Neste capítulo, são apresentadas diversas formas de se utilizar metadados para recuperar documentos. O uso de metadados possibilita criar sistemas de hipermídia abertos. Apresentam-se também ferramentas para navegação pelos metadados.*

### **3.1    Introdução**

A proposta de navegação apresentada no presente capítulo reúne e utiliza diversas tecnologias que foram desenvolvidas com a intenção de aprimorar a navegação pela Web.

O tópico 3.2 descreve sistemas de hipermídia abertos. Nesses sistemas, os *links* são mantidos separados dos documentos Web, de maneira a possibilitar o uso dos *links* de diversas maneiras. Nessa seção, descreve-se o funcionamento de sistemas de hipermídia abertos, incluindo-se alguns exemplos de sua aplicação.

A seção 3.3 apresenta um modelo de recuperação de documentos usando metadados. Apresentam-se exemplos de uso de diversos tipos de metadados. O uso de metadados adequados pode definir um contexto que será usado durante a navegação pela Web.

Na última seção do capítulo, são apresentados exemplos de navegadores que usam recursos da Web Semântica para sugerir formas de navegação mais eficientes pela Web.

O presente estudo integra a separação entre *links* e documentos, implementada em sistemas de hipermídia abertos, com uso de ontologias e índices semânticos como metadados para recuperar documentos Web e de modelos de navegação existentes em navegadores baseados



em recursos de Web Semântica. A união dessas tecnologias forma a base para a proposta de navegação apresentada adiante.

## 3.2 Sistemas de hipermídia abertos

Em sistemas de hipermídia abertos, os *links* são metadados armazenados e mantidos em local separado dos dados de layout dos documentos. O serviço disponibilizado em um sistema de hipermídia aberto possibilita o acesso ao recurso de hipertexto (*link*) a partir de qualquer aplicação disponível. Para isso, as informações sobre o *link* devem ser mantidas em local separado dos documentos, de maneira a possibilitar o seu uso em qualquer formato de documento.

Vista como um sistema de hipertexto, a Web é uma rede de *links* entre documentos na qual o usuário navega usando marcações visuais. Essas marcações visuais apresentam-se na forma de *links* estáticos que são definidos pelo autor do documento no momento da criação do documento. Segundo [Carr et al. 1998], o formato de *links* estáticos inseridos em páginas HTML pode ser considerado um sistema de hipermídia fechado.

Um dos principais problemas relacionados aos *links* estáticos da Web é sua frequente desatualização. Como os tradicionais *links* estáticos estão definidos dentro dos documentos HTML, eles ficam inconsistentes sempre que as páginas às quais se referenciam mudam de endereço.

O fato de os *links* estáticos conterem, em si mesmos, a direção a ser navegada é apontado como outro problema desse tipo de *link*. A direção de navegação que os *links* irão seguir é definida pelo autor durante a construção do documento, e não pode ser alterada pelo consumidor da página [Davies, Fensel e van Harmelen 2003].

Por sua vez, sistemas de hipermídia (ou hipertexto) abertos (OHS) [Carr et al. 1998] são ambientes de hipertexto nos quais os *links* são considerados entidades de primeira classe e são armazenados, processados e usados independentemente dos documentos aos quais se referem.

Segundo [Davis et al. 1992], um sistema de hipermídia aberto apresenta as seguintes principais características:

- não impõe marcações em seus dados que restrinjam o acesso aos dados por sistemas externos;
- integra-se com outros sistemas executados em uma mesma plataforma. Os dados externos produzidos podem ser usados dentro do sistema, sem que haja adição de valor e sem comprometer o uso por sistemas externos;
- seus dados e processos podem ser distribuídos em uma rede e entre plataformas diferentes;
- não faz distinção entre o autor e o consumidor dos dados; e
- possibilita a adição de novos serviços.

Para [Carr et al. 1998], manter os recursos de hipertexto independentes do documento apresenta as seguintes vantagens:

- reduz o esforço de criação e manutenção de documentos que contêm hipertexto;
- aprimora a experiência do leitor, que, em vez de se concentrar apenas nos *links* disponibilizados pelo autor, pode percorrer o sistema buscando outros *links* possíveis; e
- gera visões alternativas, ofertando ao leitor, entre outras facilidades, a consulta a uma lista de *links* disponíveis, dentre os quais podem ser selecionados aqueles que mais se adequam ao contexto em foco.

[Weal et al. 2001] propõe o uso de sistemas de hipermídia abertos como forma de garantir a interação com espaços de informação ontológicos. Segundo o autor, sistema de hipermídia aberto é a ferramenta adequada para se navegar por espaços ontológicos, os quais apresentam as seguintes principais características:

- a navegação por *links* pode acionar consultas complexas nos bastidores da aplicação;
- consultas possíveis podem ser sugeridas aos usuários na forma de *links* e customizadas de acordo com o perfil do usuário; e

- podem separar a interface gráfica, o processo de consulta, o processo de marcação de *links* e o espaço de informação ontológico, o que torna a arquitetura independente do domínio em que é aplicada.

Com base na teoria de sistemas de hipermídia abertos, [Carr et al. 1995] apresentou um sistema denominado DLS - *Distributed Link Service* (Serviço de Ligação Distribuída). O DLS disponibiliza um serviço que fornece *links* hipermídia para os usuários em ambientes Web. Da mesma forma que um cliente faz requisições a um servidor Web para receber documentos, um cliente se conecta ao DLS para receber um conjunto de *links*. O servidor do DLS não armazena nem recupera documentos. Em vez de armazenar e recuperar documentos, o servidor DLS armazena dados sobre *links* e oferta serviços para criação, edição e recuperação de *links*.

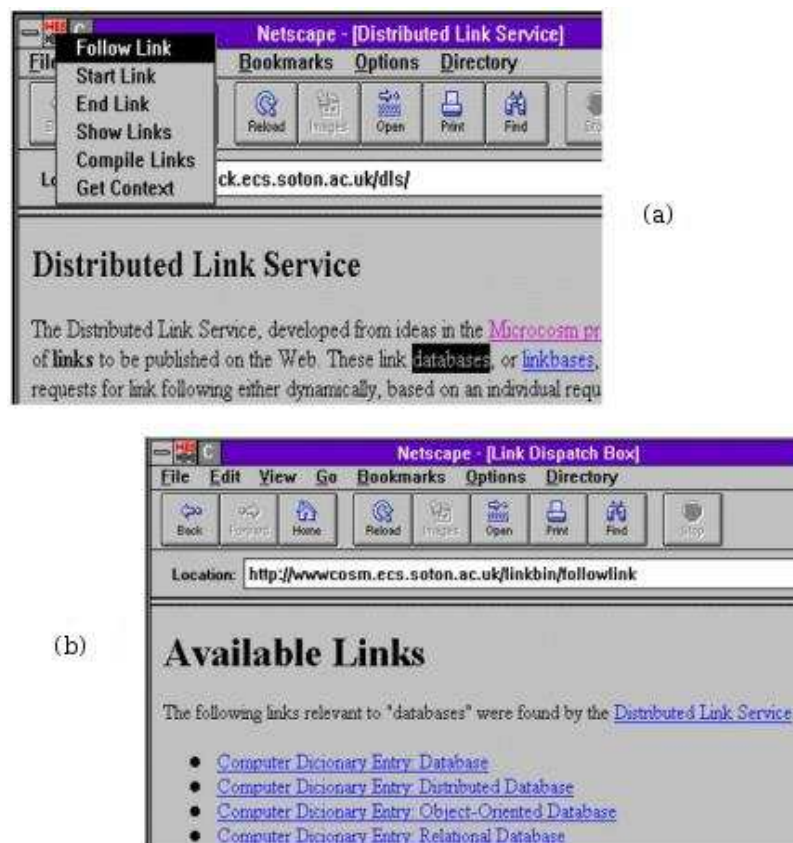


Figura 3.1: Exemplos de *links* recuperados pelo sistema DLS[Carr et al. 1995]

A Figura 3.1 mostra um exemplo do serviço de recuperação de *links* do DLS. No passo “a”, o usuário seleciona a palavra **databases** e a opção **Follow Links** (seguir *links*). O sistema

executa uma pesquisa usando o termo **databases** e fornece, no passo “b”, uma lista de *links* relacionados ao termo consultado.

A separação entre *links* e documentos que são fornecidos possibilita que os *links* sejam usados em documentos Web de diversas formas, de acordo com a necessidade do cliente.

Posteriormente, Carr [Carr et al. 2001, Yesilada, Bechhofer e Horan 2007] apresentaram o sistema COHSE - Conceptual Open Hypermedia Service. O COHSE se propõe unir o DLS com um serviço ontológico. COHSE é um *framework* que integra um serviço de ontologia e um serviço de hipermídia aberto para compor o que o autor chama de sistema de hipermídia conceitual. O sistema de hipermídia conceitual possibilita a ligação de documentos por meio de ontologias.

O COHSE estende o DLS, fornecendo serviços relacionados a uma ontologia. Dentre esses serviços, destacam-se o mapeamento entre os conceitos da ontologia e o fornecimento de sinônimos. O COHSE é capaz de identificar sinônimos em um documento e de fornecer *links* a partir do sinônimo encontrado. O sistema também pode mostrar relacionamentos hierárquicos (subclasses e superclasses) entre conceitos.

A arquitetura do COHSE constitui-se de três serviços:

- **Serviço de ontologia.** Provê serviços para interagir com a ontologia. Faz o mapeamento entre os conceitos da ontologia e destes com seus sinônimos. Fornece informação sobre subclasses e superclasses dos conceitos e descrição dos conceitos. Possui interface HTTP e pode hospedar ontologias desenvolvidas por terceiros, usando OWL.
- **Gerenciador de recurso.** Gerencia a recuperação dos recursos para os quais os conceitos se direcionam. O gerenciador de recursos pode ser configurado de acordo com o objeto a ser recuperado a partir de um conceito fornecido.
- **Agente DLS.** Responde pela modificação das páginas e adiciona *links* em documentos, de acordo com a informação fornecida pelo **serviço de ontologia** e pelo **gerenciador de recurso**.

O sistema COHSE fornece um *framework* genérico, que cria uma estrutura de navegação a partir da junção de ontologias desenvolvidas por terceiros e de documentos fornecidos por terceiros. A estrutura de navegação é criada a partir da união de três tipos de componente que podem ser selecionados pelo usuário: ontologias, documentos e um fornecedor de endereços de *links*.

### 3.3 Metadados para recuperar documentos

Metadado é um tipo de dado que corresponde a uma informação estruturada acerca de um recurso. Pode ser entendido como dado sobre dado. O metadado possui informação que produz conhecimento acerca de um recurso sem que seja necessário consultar o recurso propriamente dito[Haase 2004].

Metadados são organizados de forma a facilitar o gerenciamento e recuperação de recursos como, por exemplo, documentos Web.

A Figura 3.2 mostra um modelo de uso de metadados para recuperação de documentos. O modelo apresenta duas camadas de ligações: camada de metadados e camada de documentos.

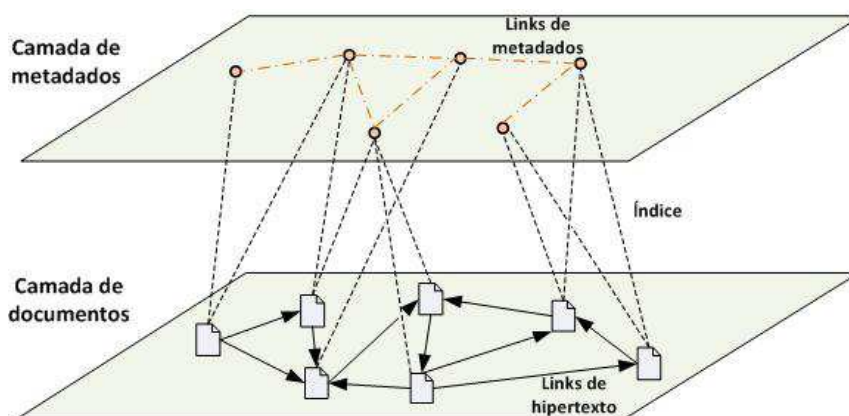


Figura 3.2: Modelo em camadas para recuperação de documentos usando metadados

No modelo apresentado, os documentos podem se ligar entre si, como também com os metadados. Os metadados, por sua vez, também podem se conectar entre si.

Na camada de documentos, os documentos possuem conexões entre si, feitas por meio de *links* estáticos definidos nos documentos.

Na camada de metadados, estes podem possuir conexões entre si. Essas conexões dependem do tipo de metadado adotado. O metadado precisa possuir recursos para relacionar-se com outros metadados.

A ligação entre a camada de metadados e a camada de documentos se dá por meio de *links* de índice. Um índice armazena referências a documentos relacionando-as a endereços onde os documentos podem ser encontrados.

Os metadados ligam-se aos documentos por *links* de índice. Consequentemente, os documentos podem se ligar indiretamente a outros documentos por meio da camada de metadados.

Os sistemas de hipermídia abertos, abordados na seção anterior, fazem o tratamento de *links* com base em um modelo que pode ser representado pelo modelo de camadas apresentado. Os *links* contidos nos documentos, que apontam para outros documentos, podem ser extraídos da camada de documentos e inseridos na camada de metadados. Dessa forma, os *links* podem ser trabalhados de maneira independente dos documentos.

## 3.4 Formas de representação de metadados

Dentre as diversas formas de representação de metadados, as mais usadas são o texto, as *tags* e os conceitos. Os metadados podem possuir relacionamentos entre si. A Tabela 3.1 mostra uma comparação entre os três tipos de metadados, cujas características são detalhadas no presente tópico.

### 3.4.1 Texto

O uso de texto como metadados para recuperação de documentos pode ser encontrado em ferramentas de busca como o Google <sup>1</sup> e o Yahoo! <sup>2</sup>. O texto é subdividido em palavras, que

---

<sup>1</sup><http://www.google.com>

<sup>2</sup><http://www.yahoo.com>

Tabela 3.1: Comparação entre os tipos de metadados

Característica	Palavras	<i>Tags</i>	Conceitos
Possui relacionamento entre metadados	Não	Sim	Sim
Esforço para construção	Baixo	Médio	Alto
Método de construção	Extração automática	Construção coletiva	Realizada por especialista
Volume de dados na camada de metadados	Grande	Pequeno	Pequeno
Volume de ocorrências em um documento	Grande	Pequeno	Pequeno
Capacidade de representar um contexto	Baixa	Baixa	Alta

podem ser consideradas metadados, porquanto são utilizadas para a criação de índices invertidos que registram a ocorrência de cada palavra em um conjunto de documentos.

A Figura 3.3 demonstra como fica o modelo em camadas quando se usam palavras de textos como metadados. Note-se que, na camada de documentos, os documentos relacionam-se entre si por meio de *links* de hipertexto. Entretanto, as palavras, na camada de metadados, não possuem relacionamento entre si além do fato de poderem estar contidas no mesmo documento.

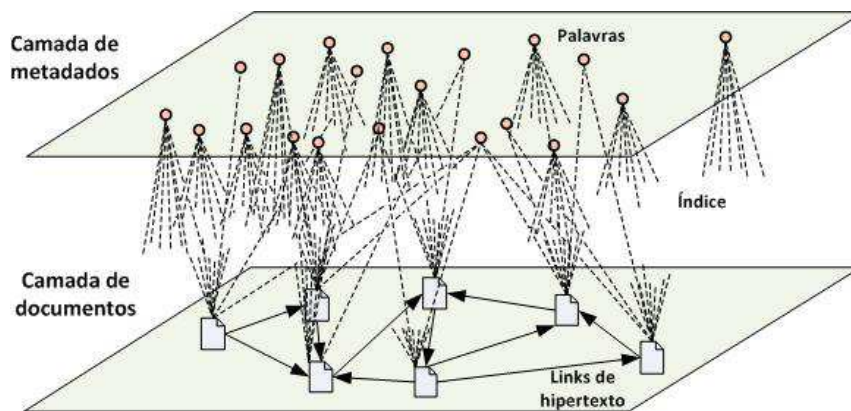


Figura 3.3: Modelo em camadas usando texto como metadado

Observe-se também que as palavras podem ser encontradas em grande quantidade de docu-

mentos. Esses documentos, por sua vez, podem conter grande quantidade de palavras.

Embora bastante disseminada em ferramentas de busca, a pesquisa textual é inerentemente ambígua [Kraft, Maghoul e Chang 2005, Sieg, Mobasher e Burke 2007]. Por exemplo, um usuário que procura informação acerca do carro da marca Jaguar. Nesse caso, ao executar a consulta, a ferramenta de busca baseada em texto pode retornar, além de resultados sobre o carro Jaguar, informações acerca do felino jaguar. Em tal situação, o uso de contexto constitui fator essencial para reduzir a ambiguidade.

Um segundo inconveniente do uso de palavras para recuperar documentos reside no fato de que as ferramentas de busca geralmente retornam uma lista de resultados que não possuem relacionamentos claros entre si. A única relação que se pode determinar é que os documentos apresentados contêm a palavra consultada.

O emprego da palavra em um documento, por si só, não significa que o documento possui relação com o contexto em que o usuário pretende utilizá-la.

### 3.4.2 *Tags*

O uso de *tags* como metadados é bastante comum em ferramentas para “anotações sociais” [Wu, Zhang e Yu 2006]. Essas ferramentas fornecem recursos para que usuários da Web possam anotar e categorizar documentos Web. As anotações feitas nos documentos são disponibilizadas na Web, para acesso por outros usuários.

Referidas ferramentas oferecem ao usuário a possibilidade de criar a camada de metadados, mediante associação de *tags* a documentos.

Ao anotar um documento com uma *tag*, o usuário pode indicar um relacionamento com outras *tags*. O uso puro e simples de *tags* não configura o estabelecimento de uma semântica, pois o entendimento acerca do significado das *tags* não é consensual. Geralmente, um usuário indica que uma *tag* possui relacionamento com outra sem, no entanto, informar o tipo de relacionamento.



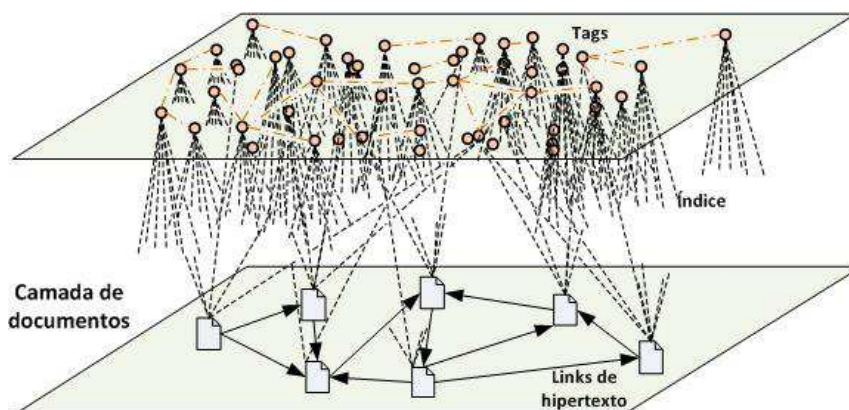


Figura 3.4: Modelo em camadas usando *tags* como metadado

Na Figura 3.4, é possível observar que a principal diferença entre a indexação de texto e a indexação de *tags* é a existência de relacionamentos na camada de metadados quando se usam *tags*. Quando se anota um documento com *tags*, pode-se indicar um relacionamento entre as *tags* na camada de metadados. Esse relacionamento inexistente quando se indexam palavras de um texto. Quando se consideram apenas palavras, o único relacionamento que o sistema pode inferir é se as palavras ocorrem no texto.

Outra diferença que se pode observar na Figura 3.4 é a quantidade de ligações entre a camada de metadados e a camada de documentos. Geralmente, um documento é ligado a menos *tags* do que a palavras. É também comum o usuário anotar um documento com algumas poucas *tags*, enquanto que um documento geralmente possui muitas palavras em seu conteúdo.

Por outro lado, cada *tag* pode ser uma combinação de palavras. Assim, é possível presumir que o número de *tags* pode resultar maior que o número de palavras contidas em uma linguagem qualquer.

O uso de *tags* possibilita que se criem estruturas de navegação mais elaboradas. As *tags* são exibidas ao usuário de forma a direcioná-lo para os documentos a elas relacionados. Um exemplo de estrutura de navegação Web baseada em *tags* é a *tag cloud*.

Uma *tag cloud* é uma lista das *tags* mais comuns, visualmente ponderada pelo tamanho da fonte de letra [Hassan-Montero e Herrero-Solana 2006]. Em uma *tag cloud*, as *tags* com maior número de ocorrências são exibidas em uma fonte de letra maior, ou diferente, destacando-se

das *tags* com menos ocorrências. A Figura 3.5 mostra um exemplo de uma *tag cloud*.

Figura 3.5: Exemplo de *tag cloud*

Sistemas como Del.icio.us<sup>3</sup>, Quintura<sup>4</sup> e Wikify! [Mihalcea e Csomai 2007] são apenas alguns exemplos de ferramentas que usam *tags* como metadados para recuperação de documentos, cujas características são comentadas a seguir.

### Del.icio.us

Trata-se de uma ferramenta para marcação de páginas visitadas (*bookmarking*). Nesse sistema, o usuário pode associar *tags* a um documento Web que esteja visitando. O sistema armazena os marcadores dos usuários em uma base de dados online e coletiva. O usuário pode escolher *tags*, como marcadores dos documentos, a partir de outras *tags* sugeridas por outros usuários para os mesmos documentos, ou criar suas próprias *tags* para identificá-los. A Del.icio.us oferece recursos para anotações sociais, os quais possibilitam a outros usuários o acesso aos mesmos marcadores a partir de qualquer computador. A ferramenta associa *tags* a documentos Web, de modo a organizar e armazenar os marcadores.

### Quintura

Quintura é uma ferramenta de busca, na Web, que possui recursos visuais adicionais para navegação sobre uma *tag cloud*. Quando o usuário executa uma consulta, o sistema retorna a lista de resultados correspondentes junto com uma *tag cloud* com *tags* relacionadas à consulta.

<sup>3</sup><http://delicious.com/>

<sup>4</sup><http://company.quintura.com/quintura/>

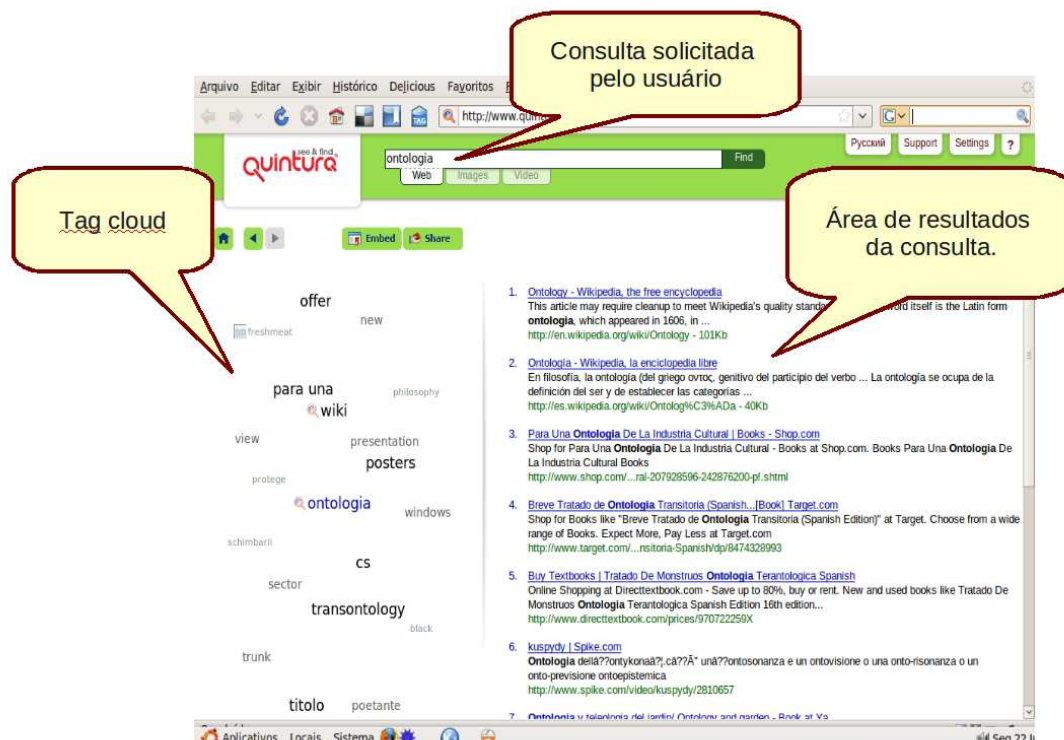


Figura 3.6: Exemplo de consulta na ferramenta de busca Quintura

A Figura 3.6 mostra uma busca realizada com a ferramenta. No exemplo, o usuário informa a *tag* *ontologia*, e o sistema retorna a lista de resultados e a *tag cloud* das *tags* que possuem algum relacionamento com a *tag* principal da consulta. A *tag* *ontologia*, consultada pelo usuário, aparece em destaque no centro da *tag cloud*.

Seguindo os princípios de construção de uma *tag cloud*, as *tags* que aparecem na figura possuem dimensões diferenciadas de acordo com as quantidades de ocorrências dessas *tags* nos documentos relacionados à *tag* principal da consulta. Ao se analisar a *tag cloud*, pode-se perceber que as *tags* possuem algum relacionamento, não sendo possível, no entanto, identificar-se o tipo de relacionamento.

A ferramenta possibilita ainda que, a partir da consulta inicial seja refinada, bastando, para tanto, clicar em uma *tag* da *tag cloud*.

Apesar de as *tags* exibidas na *tag cloud* gerada pelo Quintura possuírem algum relaciona-

mento com a consulta feita pelo usuário, o sistema não possibilita identificar o tipo de relacionamento existente entre a *tag* da consulta e as demais *tags* da *tag cloud*. Igualmente, não se pode perceber o relacionamento que há entre as outras *tags* da *tag cloud*.

### Wikify!

O Wikify! [Mihalcea e Csomai 2007] é um sistema que faz uso da base de informações da Wikipedia<sup>5</sup> para criar ligações entre documentos Web.

A Wikipedia é um sistema de enciclopédia livre *online*. Seu acervo compõe-se de artigos (ou páginas) que descrevem entidades e eventos. Os artigos possuem um identificador único de possibilitar a resolução de situações de ambiguidade. Cada artigo é uma página com *links* que apontam para outras páginas da Web ou outros artigos da própria Wikipedia.

Na Wikipedia, qualquer usuário pode criar ou editar uma página, de maneira que a sua base de artigos é construída colaborativamente. A construção colaborativa favorece o acelerado crescimento da base de artigos, razão pela qual a Wikipedia possui uma enorme abrangência.

O sistema Wikify! pretende ser um recurso para extração automática de palavras-chave e redução de ambiguidades. Fornecendo um documento de entrada, o sistema Wikify! realiza um processo chamado *wikificação* de um documento. Esse processo consiste em identificar conceitos importantes no texto do documento, realizando uma extração de palavras-chave, e ligar esses conceitos a páginas correspondentes na Wikipedia (redução de ambiguidade).

O processo de *wikificação* se observa em quatro etapas:

1. Caso o documento analisado seja um documento Web, faz-se a separação das *tags* HTML do corpo de texto do documento.
2. O texto limpo passa pelo módulo de extração de palavras-chave que marca as palavras importantes no texto. As palavras importantes do texto são selecionadas por meio de um algoritmo que usa a base de artigos da Wikipedia. O sistema seleciona nomes de

---

<sup>5</sup><http://en.wikipedia.org>

entidades, termos técnicos, novas terminologias ou vocábulos que possuam algum relacionamento com artigos da Wikipedia.

3. O texto com as palavras-chave anotadas passa pelo módulo de eliminação de ambiguidades, que, após as exclusões, faz a anotação com uma referência para o artigo da Wikipedia relacionado à palavra-chave. Nesse momento, o sistema identifica no texto um termo que esteja ligado a mais de um artigo da Wikipedia. Nesse caso, a correta identificação do artigo depende do contexto em que o termo está inserido. Um algoritmo de eliminação de ambiguidades procura prever o artigo correto para o termo dado.
4. A estrutura do documento original é reconstituída, sendo incluídos no texto os novos *links* obtidos nos passos anteriores. Em seguida, o documento final é disponibilizado para o usuário.

### 3.4.3 RDF e ontologia

Além de palavras e *tags*, também pode-se usar conceitos de uma ontologia como metadados. Os conceitos de uma ontologia podem ser representados usando RDF (Resource Description Framework)<sup>6</sup>.

Trata-se de um modelo de dados que pode definir um framework para representar qualquer um dos metadados apresentados. O RDF foi desenvolvido pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) para representar metadados na Web. Tem como principal objetivo estabelecer uma semântica explícita para os dados que possibilite a realização de inferências pelos agentes de software.

O modelo RDF baseia-se em uma declaração, que pode ser qualquer coisa que tenha uma URI associada a ela. O modelo básico é uma tripla na qual um recurso se relaciona a um valor por meio de uma propriedade. Pode ser assim representado:

*Um recurso (sujeito) possui uma propriedade (predicado) com um valor específico (objeto).*

---

<sup>6</sup><http://www.w3.org/RDF/>

O RDF é um poderoso recurso para se representar qualquer tipo de dados. Sua aplicação serviu como base para o desenvolvimento de linguagens de ontologias como a OWL apresentada na seção 2.2.

O uso de ontologias como metadados pode ser amplamente encontrado na Web Semântica [Berners-Lee, Hendler e Lassila 2001]. Na verdade, o uso de ontologias é um dos fundamentos da Web Semântica. A Web Semântica é uma extensão da Web na qual se procura atribuir significado à informação existente na Web. A proposta da Web Semântica sugere que os dados sejam informados de maneira estruturada e que regras de inferência sejam definidas de tal modo que se possa realizar inferências automáticas.

Fazendo uso de ontologias, a camada de metadados apresenta conceitos relacionados, formando uma rede em que é estabelecida uma semântica explícita. Nessa rede de conceitos, o conteúdo dos documentos pode ser mais bem representado, possibilitando a criação de conexões lógicas entre os conceitos e os documentos relacionados.

O uso de conceitos relacionados e com uma semântica explícita pode ser vantajoso, porque a camada de metadados pode caracterizar um contexto em que o usuário irá navegar.

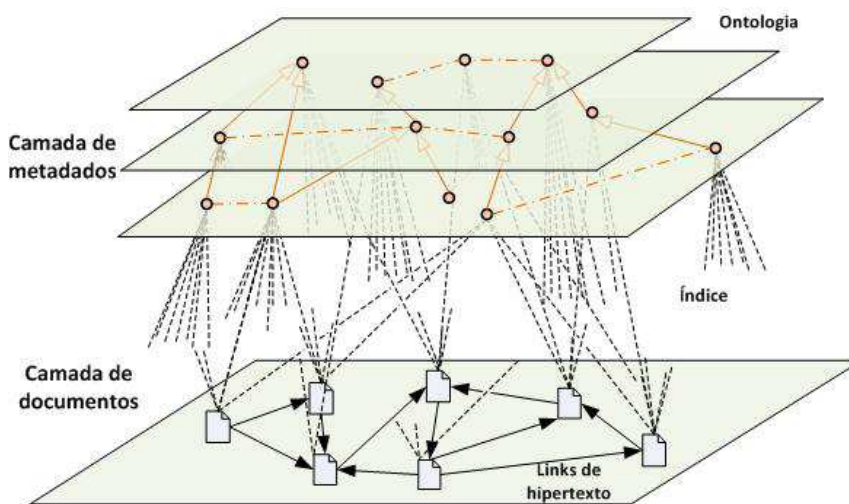


Figura 3.7: Indexação usando ontologia

A Figura 3.7 mostra o uso de ontologias para representar metadados. Nessa situação, conceitos em um ontologia podem ser distribuídos por mais de uma camada de metadados. Por

exemplo, camadas diferentes podem representar uma hierarquia entre conceitos, definindo-se conceitos que sejam pais de outros. Em qualquer camada, os conceitos podem possuir *links* para outros conceitos, na mesma ou em outra camada.

Um índice estabelece a ligação entre os conceitos da ontologia e documentos da camada de documentos.

Por serem a representação de um domínio, as ontologias possuem um escopo mais genérico. Os conceitos de uma ontologia podem ser usados em mais de uma aplicação ou sistema. Logo, podem estar ligados a mais de um documento.

Geralmente, porém, o número de documentos relacionados a um conceito de uma ontologia é muito menor do que o de documentos relacionados a palavras ou *tags*. A quantidade de palavras que podem ser encontradas em um documento é muito maior do que a de conceitos encontrados no mesmo documento. Nem todas as palavras de um texto representam conceitos. Numa comparação de conceitos com *tags*, pode-se observar que várias *tags* podem representar um mesmo conceito. Sendo assim, a depender da situação, a quantidade de *tags* associadas a um documento pode ser até igual à de conceitos ligados ao mesmo documento, mas a tendência é que a quantidade de conceitos relacionados seja menor.

### 3.5 Navegadores que usam recursos de Web Semântica

O advento da Web Semântica estimulou o desenvolvimento de uma série de aplicações que fazem uso de recursos RDF e de ontologias. Dentre essas aplicações, destaca-se o desenvolvimento de navegadores, que usam recursos de Web Semântica, que se propõem a navegar pela rede de recursos RDF usando técnicas de navegação pela Web.

Os navegadores que usam recursos de Web Semântica podem ser distribuídos em duas categorias. Essas categorias são definidas pela finalidade a que se propõe a aplicação ao usar recursos de Web Semântica.

A primeira categoria inclui aplicações que navegam pela rede de dados da Web Semântica,

como, por exemplo recursos RDF, e exibe esses recursos de maneira amigável para o usuário. O objetivo desses navegadores é possibilitar que o usuário navegue e visualize dados de Web Semântica de maneira parecida com que navega por documentos da Web. Como exemplos da primeira categoria, podem-se citar as ferramentas de navegação, em recursos RDF, Tabulator [Berners-Lee et al. 2006] e Disco [Bizer e Gauss 2007].

A segunda categoria reúne aplicações que fazem uso de recursos da Web Semântica para expandir as possibilidades de navegação do usuário por documentos Web. Na segunda categoria, que inclui navegadores que usam recursos de Web Semântica, destacam-se os sistemas Semantic Turkey [Griesi, Pazienza e Stellato 2007], Context Browser [Groth e Lannerö 2006] e Magpie [Domingue e Dzbor 2004].

### **Tabulator**

[Berners-Lee et al. 2006] apresenta o Tabulator como um navegador semântico genérico. O objetivo de um navegador semântico genérico é o reuso incidental. Ou seja, enquanto navega em busca de uma informação, o usuário pode descobrir e utilizar dados que inicialmente não imaginava dispor e poder usar.

O Tabulator navega por uma rede de recursos RDF. Os recursos possuem *links* para os demais recursos RDF.

A Figura 3.8 mostra exemplos de telas do Tabulator. O navegador apresenta uma interface em que os recursos RDF são organizados em padrão HTML e exibidos em formato de árvore (Figura 3.8(a)). A equipe de desenvolvimento sugere que interfaces específicas (Figura 3.8(b)) sejam desenvolvidas de acordo com as necessidades do domínio da aplicação.

Navegadores como o Tabulator foram propostos para incentivar a disseminação da Web Semântica. Seus autores sugerem que o navegador possua uma interface simples e que possa ser facilmente estendida por outros desenvolvedores.



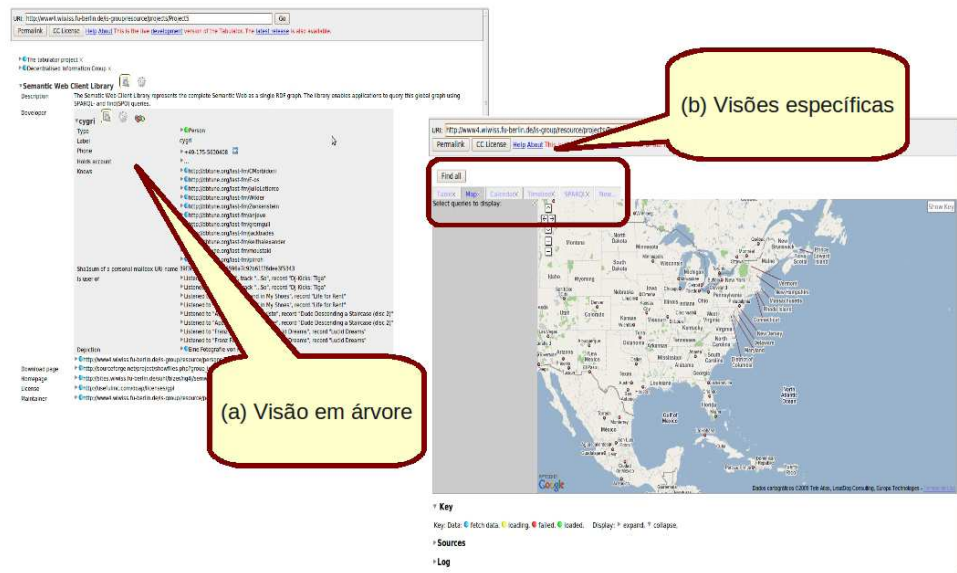


Figura 3.8: Exemplo de consulta realizada com o navegador Tabulator

## Disco

Disco - *Hyperdata Browser* [Bizer e Gauss 2007] é outro exemplo de *browser* concebido para navegar por uma Web Semântica que reúna grande volume de dados. O *browser* renderiza a informação, que pode ser encontrada na Web Semântica, em forma de uma página HTML. A descrição de um recurso possui *links* que possibilitam a navegação entre recursos.

A Figura 3.9 mostra um exemplo de tela do navegador Disco. A navegação tem início ao se informar uma URI para o *browser*. Identificado o recurso pela URI, a informação é exibida em forma de uma tabela com propriedades e seus respectivos valores. O *browser* também exibe uma lista de grafos RDF, que são fontes para o recurso exibido. As fontes de dados podem ser arquivos RDF localizados na Web, bem como grafos de recursos RDF gerados a partir de bancos de dados ou de outras aplicações.

Disco - Hyperdata Browser (About)

**Semantic Web Client Library**

URI:

Property	Value	Sources
description	The Semantic Web Client Library represents the complete Semantic Web as a single RDF graph. The library enables applications to query this global graph using SPARQL- and find(SPO) queries.	G2
developer	Richard Cyganiak <a href="#">@</a>	G2 G4
developer	Tobias Gauß <a href="#">@</a>	G2 G3
download page	<a href="http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=118754">http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=118754</a> <a href="#">@</a>	G2 G9
homepage	<a href="http://sites.wiwiwss.fu-berlin.de/suhl/bizermg4/semwebclient/index.html">http://sites.wiwiwss.fu-berlin.de/suhl/bizermg4/semwebclient/index.html</a> <a href="#">@</a>	G2 G6
license	<a href="http://usefulinc.com/doap/licenses/gpl">http://usefulinc.com/doap/licenses/gpl</a> <a href="#">@</a>	G2 G5
maintainer	Chris Bizer <a href="#">@</a>	G2 G8
name	Semantic Web Client Library	G2
operating system	platform independent	G2
programming language	java	G2
shortname	Semantic Web Client Library	G2
type	Project <a href="#">@</a>	G2 G7
label	Semantic Web Client Library	G2
sourceURL	<a href="#">Semantic Web Client Library</a> <a href="#">@</a>	G1
is primary topic of	RDF Description of Semantic Web Client Library <a href="#">@</a>	G2

**Sources**

Displayed information originates from the following RDF graphs:

G1. <http://localhost/provenanceinformation> [@](#)  
 G2. <http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/resource/projects/Project5> [@](#)  
 G3. <http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/resource/persons/Person7> [@](#)  
 G4. <http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/resource/projects/Project5> [@](#)  
 G5. [http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsourceforge.net%2Fproject%2Fshowfiles.php%3Fgroup\\_id%3D118754%3E](http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsourceforge.net%2Fproject%2Fshowfiles.php%3Fgroup_id%3D118754%3E) [@](#)  
 G6. <http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsites.wiwiwss.fu-berlin.de%2Fsuhl%2Fbizermg4%2Fsemwebclient%2Findex.html%3E> [@](#)  
 G7. [http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsourceforge.net%2Fproject%2Fshowfiles.php%3Fgroup\\_id%3D118754%3E](http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsourceforge.net%2Fproject%2Fshowfiles.php%3Fgroup_id%3D118754%3E) [@](#)  
 G8. <http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/resource/persons/Person4> [@](#)  
 G9. [http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsourceforge.net%2Fproject%2Fshowfiles.php%3Fgroup\\_id%3D118754%3E](http://www4.wiwiwss.fu-berlin.de/is-group/spargl?query=DESCRIBE+%3Chttp%3A%2F%2Fsourceforge.net%2Fproject%2Fshowfiles.php%3Fgroup_id%3D118754%3E) [@](#)

**Session Cache**

Figura 3.9: Exemplo de consulta realizada com o navegador Disco

## Semantic Turkey

Semantic Turkey [Griesi, Pazienza e Stellato 2007] é um *plugin* Firefox para anotação de páginas visitadas usando classes de ontologias. O *plugin* possui funcionalidades para inserir anotações sobre páginas Web em uma ontologia, um editor de ontologias e um navegador por meio do qual o usuário pode navegar graficamente pela ontologia. Ao navegar pela ontologia, o usuário pode recuperar páginas visitadas.

O *plugin* se propõe ser uma melhor alternativa para o armazenamento da lista de favoritos (*bookmark*) e recuperação de páginas já visitadas. O sistema usa os recursos de uma ontologia, como um mecanismo para registrar os endereços visitados pelo usuário e associar *tags* a esses endereços. Os endereços e *tags* registrados podem ser recuperados por meio de uma funcionalidade de exibição visual das *tags* e dos *links* a elas associados.

O Semantic Turkey é uma ferramenta útil para a construção de uma ontologia e de um índice semântico. Entretanto, seu uso é focado em um contexto privado no qual o usuário é responsável pela construção de sua própria ontologia e índice. A rigor, o uso de uma ontologia só é interessante se houver compartilhamento das informações nela contidas. O conceito de ontologia presume que a informação seja de entendimento comum.

Outro ponto a se observar é que o registro de informações na ontologia se dá a partir de páginas previamente visitadas. Dessa forma, o *plugin* não atende à situação de um usuário que procura informação em documentos ainda não visitados por ele ou dos quais não tenha conhecimento.

### **Magpie**

Em um trabalho baseado na proposta apresentada pelo COHSE (ver seção 3.2), Domingue e Dzbor [Domingue e Dzbor 2004] sugerem uma ferramenta, chamada Magpie, para associar significado à informação contida em páginas Web e, a partir desse significado, disponibilizar para o usuário alguns serviços e funcionalidades relevantes.

O sistema Magpie oferece duas funcionalidades principais. A primeira é um recurso de anotações de termos em páginas Web visitadas pelo usuário. A segunda é a criação de um *log* semântico a partir dos termos anotados. Esse *log* tem como principal função organizar as páginas visitadas, relacionando-as aos conceitos de uma ontologia. O Magpie possui funcionalidades para visualização dos conceitos encontrados e recuperação das páginas visitadas referentes a conceitos selecionados pelo usuário.

O sistema disponibiliza uma barra de ferramentas que é instalada no programa navegador do usuário. Essa barra de ferramentas oferece recursos para ativar as funcionalidade do sistema.

A anotação de conceitos nas páginas Web se dá automaticamente, a partir de uma ontologia. O sistema cria uma camada intermediária com as anotações separadas da página Web. As anotações somente são exibidas se o usuário acionar sua visualização de forma que seja preservado o leiaute original da página.

Durante uma sessão de navegação, conceitos encontrados nas páginas visitadas são armazenados em um *log* semântico. Por meio de um coletor contido na barra de ferramentas, o Magpie exibe os conceitos filtrados do *log* semântico, reunidos em uma lista. Os conceitos exibidos pelo *log* semântico possibilitam a ativação de outros serviços de consulta.

O uso dos mecanismos disponibilizados por uma ontologia para armazenamento de infor-

mações pessoais possibilita a criação de algumas facilidades adicionais para o usuário. Uma delas consiste em ajudar o usuário a recuperar páginas já visitadas.

O Magpie, porém, não atende completamente a um dos principais objetivos das ontologias, que é o compartilhamento de informação. Por definição, uma ontologia representa um entendimento comum, para um grupo de usuários e para as aplicações que a utiliza, sobre os conceitos por ela descritos. Presume-se que uma ontologia seja construída coletivamente. Se cada usuário ou aplicação construir e utilizar sua própria ontologia, não será alcançado o entendimento comum acerca dos conceitos.

### **Context Browser**

Da mesma forma, Groth and Lannerö [Groth e Lannerö 2006] apresentaram uma ferramenta, chamada Context Browser, que se propõe expandir os recursos de uma ferramenta de busca, incluindo um menu de conceitos de ontologia predefinida no sistema.

Ao realizar uma consulta em uma ferramenta de busca, o sistema utiliza a consulta solicitada para encontrar conceitos relacionados em uma ontologia. Os conceitos encontrados são exibidos em uma barra de menus disposta ao lado da lista de resultados da consulta.

A partir dessa consulta inicial, o usuário pode fazer novas consultas ao Context Browser, selecionando, a cada consulta, um dos conceitos exibidos na barra de menus.

O comportamento do Context Browser guarda semelhanças com o comportamento do Quintura (ver seção 3.4.2), já que os dois possuem recursos para exibir termos relacionados a uma consulta inicial, feita pelo usuário, e para filtrar os resultados dessa consulta pela seleção dos termos exibidos. O Context Browser também apresenta a mesma deficiência, devida ao recurso de visualização em forma de menus, por não possibilitar que o usuário identifique o tipo de relacionamento existente entre os conceitos exibidos, muito embora esses relacionamentos possam estar definidos.

## **3.6 Sumário**

Neste capítulo foi feita uma revisão de estudos anteriores. O foco da revisão foi o uso de metadados para recuperação de documentos. Foram apresentados trabalhos ligados ao uso de sistemas de hipermídia abertos e navegação usando recursos de Web Semântica.

No próximo capítulo, explica-se a proposta de navegação conceitual em ambientes Web.

## 4 *Navegação conceitual*

*Neste capítulo, descreve-se a proposta para navegação conceitual, assim como se explica o uso de ontologias e de um índice semântico para dar suporte à navegação em documentos Web.*

### 4.1 Introdução

A navegação pela Web baseia-se principalmente em duas técnicas: o uso de hiperligações para conectar documentos e o uso de ferramentas de busca para recuperar documentos.

Segundo [Crampes e Ranwez 2000], na tentativa de atender às necessidades dos usuários, as ferramentas de busca apresentam algumas limitações:

- retornam uma lista de resultados que possuem apenas relacionamento léxico, sem que haja um relacionamento semântico perceptível;
- não conseguem gerenciar adequadamente a redundância ou a ausência de informações; e
- não há construção narrativa entre os resultados.

Geralmente, a navegação do usuário pela Web inicia-se por uma procura a documentos por meio de uma ferramenta de busca. É comum o usuário ter apenas uma ideia não exata do que está procurando [Pandit e Olston 2007]. A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa, o usuário passa a navegar pelos *hiperlinks* encontrados nos documentos, até chegar a um documento de interesse.

Ao definir os *links* em um documento, seu autor identificou existirem pontos de interesse entre os documentos ligados. Porém, nem todos os pontos de interesse definidos pelo autor atendem à necessidade do leitor do documento. Por sua vez, deixam de ser informados no documento muitos outros *links* que podem ser de interesse do leitor.

Assim sendo, frequentemente o leitor navega por diversos documentos até encontrar algo de seu interesse. Não é raro o leitor se perder durante essa navegação. Devido à grande quantidade de documentos disponíveis e à falta de relacionamentos claros entre eles, assim como entre os documentos encontrados e o tema objeto de pesquisa, é comum o usuário se dispersar ou se perder durante a navegação [Pandit e Olston 2007].

Dessa forma, a navegação pela Web gera alguns efeitos negativos. A definição da estratégia de navegação a ser adotada fica a cargo do usuário. Isso pode representar um problema, quando o usuário não conhece os documentos que está visitando. A análise de diversos documentos para identificar aqueles que possuem informação de interesse do usuário pode consumir tempo em demasia. Enquanto isso, a ausência de *links* pode impedir que o usuário encontre documentos que poderiam ser de seu interesse.

Outro efeito negativo, durante a navegação pela Web, é causado pelo caráter dinâmico da internet. Devido às constantes modificações em endereços e em documentos, a desatualização de endereços ocorre com grande frequência. Ao acessar um documento e selecionar um *link*, é bastante comum o usuário receber em retorno uma mensagem informando que aquele endereço não foi encontrado. Isso ocorre porque o endereço está inserido de forma estática no conteúdo do documento, de maneira que não é rotineiramente atualizado.

Como forma de minimizar as dificuldades de navegação pela Web, propõe-se o uso da navegação conceitual.

A navegação conceitual propõe o uso de recursos semânticos adicionais para auxiliar a navegação do usuário por documentos Web. A proposta apresentada faz uso de ontologias, para identificar conceitos em documentos Web, e de um índice semântico, que associa esses conceitos a outros documentos Web, para inserir o usuário em um contexto e direcionar sua

navegação pelos documentos.

## 4.2 Preparação do ambiente de navegação conceitual

A navegação conceitual pressupõe a existência de um índice semântico e uma ontologia que a suporte. Assim, o primeiro passo para a criação de um sistema de navegação conceitual é a criação do índice semântico e da ontologia.

A construção de um índice semântico e de uma ontologia não será tratada em detalhes neste estudo. Porém, para que se possa detalhar o funcionamento da navegação conceitual, faz-se necessário explicitar como podem ser desenvolvidas as tarefas de preparação do ambiente.

A próxima seção apresenta a definição e o método de construção do índice semântico.

### 4.2.1 Índice semântico

No modelo apresentado na Figura 3.2 (capítulo 3), a ligação entre a camada de metadados e a camada de documentos pode se dar por meio de um índice. O índice pode ser construído semanticamente, com base em uma ontologia.

[Tudhope e Cunliffe 1994] propõe um conceito de indexação semântica que torna mais precisa a busca do usuário por informação textual, especialmente em páginas Web. Uma das características da indexação semântica é a ligação de cada documento indexado a um ou mais termos descritos em uma ontologia.

A Figura 4.1 mostra um exemplo de índice semântico. O exemplo possui uma ontologia que contém os conceitos <métrica> e <requisitos>. O índice semântico relaciona esses conceitos a um conjunto de páginas Web.

Um índice semântico pode ser criado manualmente ou de forma automática. A indexação manual pode ser feita tanto colaborativamente quanto por um especialista no assunto a ser indexado. A indexação automática pode ser realizada por agentes de *software* que vasculham documentos Web para encontrar termos contidos no índice.



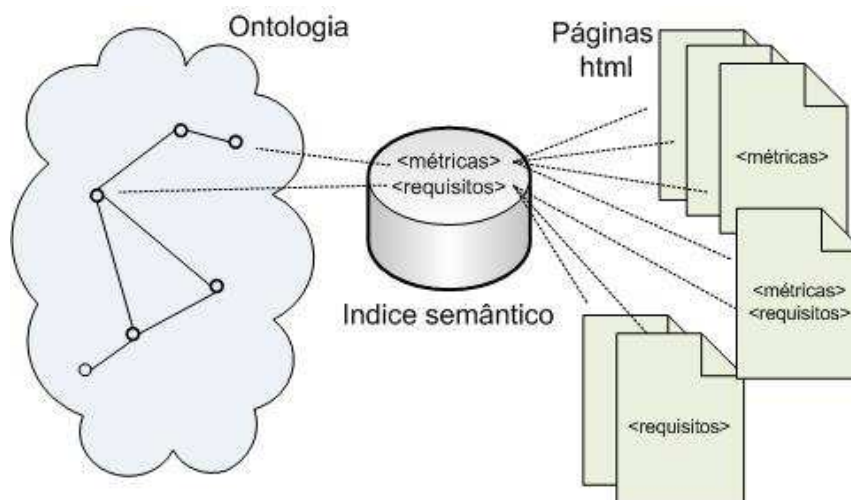


Figura 4.1: Associação entre conceitos de uma ontologia e páginas HTML usando índice semântico

[Janik e Kochut 2008], [Deerwester et al. 1990] e [Fonseca 2002] propuseram métodos automáticos para categorização de documentos de texto.

Na indexação proposta por [Janik e Kochut 2008], uma ontologia pode ser usada como base para a classificação de documentos. Um documento pode ser convertido em um grafo de entidades. A classificação ontológica dessas entidades é analisada para definir a categoria à qual pertencem o grafo e, por consequência, o documento.

A proposta de [Deerwester et al. 1990] considera a existência de uma estrutura semântica latente implícita nos termos associados a documentos. A proposta usa métodos estatísticos para estimar essa estrutura latente.

[Fonseca 2002] propõe um método de indexação semântica no qual agentes de *software* procuram, em documentos Web de uma intranet, conceitos que existem em uma ontologia. A adoção desse método gera uma base de dados com conceitos e *links* a documentos a eles relacionados, a qual serve de fonte para consultas das aplicações clientes.

Independentemente da forma como é produzido, de maneira manual ou automática, o índice semântico possuirá uma lista de termos diretamente conectados às classes de uma ontologia, que, por sua vez, serão chaves para uma lista de *links* que apontam para documentos que possuem algum relacionamento com os conceitos da ontologia.

## 4.3 Proposta de navegação conceitual

A navegação conceitual é uma forma de se navegar em sítios Web inseridos em um contexto específico. Esse contexto pode ser representado por uma ontologia que fornece suporte à navegação.

A navegação conceitual tem início com uma navegação comum pela Web. O usuário navega pela Web pelo modo usual, enquanto um agente de *software* procura identificar conceitos nos documentos recuperados. Os conceitos encontrados recebem marcações que direcionam o usuário para conceitos e documentos relacionados.

Com base nos princípios de sistemas de hipermídia abertos, nos quais os *links* são entidades que ficam isoladas dos documentos, a construção dos *links* nos documentos ocorre dinamicamente. Além dos *links* estáticos, que são colocados no momento da criação do documento, *links* adicionais são criados de forma dinâmica durante a recuperação do documento.

*Links* conceituais são inseridos nas páginas Web recuperadas pelo usuário durante a navegação. Um agente de *software* identifica, dentro das páginas, palavras que representam conceitos de uma ontologia, e faz a marcação dessas palavras com *links* conceituais.

*Links* conceituais indicam um endereço onde são exibidos um grafo de conceitos de uma ontologia e seus relacionamentos. Ao acionar o *link*, o usuário é direcionado para a visualização dos conceitos da ontologia. A visualização inicial dos conceitos tem em foco o conceito relacionado ao *link* que acionou a visualização.

A navegação conceitual usa recursos de navegação por uma ontologia para acessar os conceitos contidos nessa ontologia. O uso de recursos gráficos pode facilitar a navegação e a identificação de conceitos e relacionamentos.

No capítulo 3, foram apresentadas ferramentas que navegam por ontologias ou que usam ontologias como recurso de navegação. Essas ferramentas são comumente conhecidas como navegadores semânticos. Para facilitar a compreensão da proposta aqui apresentada, sem confundir-la com as demais ferramentas, o recurso de navegação por uma ontologia, que é usado pela

navegação conceitual, foi nomeado, neste estudo, de navegador ontológico.

Navegando pelos conceitos de uma ontologia, o usuário pode conhecer os relacionamentos entre os conceitos e identificar conceitos com os quais não era familiarizado. Um navegador conceitual navega por relacionamentos em uma rede de conceitos para atingir documentos associados a esses conceitos.

Durante a navegação pelos conceitos, é possível consultar uma lista de endereços para outros documentos relacionados a um conceito. O usuário pode abrir documentos a partir dessa lista.

A navegação conceitual prossegue de modo cíclico, uma vez que os novos documentos recuperados também passam pelo agente de *software*, para serem analisados, e podem também apontar para novos conceitos.

O diagrama de sequência, exibido na Figura 4.2, detalha os passos da navegação conceitual. O usuário faz uma requisição de um documento Web (1). O documento retornado pela requisição é enviado a um serviço de marcação. O serviço de marcação faz a leitura do documento e solicita os conceitos existentes a partir de uma lista de termos enviada a uma ontologia (2). A ontologia retorna os conceitos encontrados (3) e o serviço de marcação faz a anotação dos conceitos no documento. O documento, com links conceituais inseridos, é encaminhado ao navegador do usuário (4).

Ainda na sequência do diagrama, durante a leitura do documento, o usuário aciona um dos *links* conceituais (5). O *link* conceitual aciona um serviço, mostrado na figura como **navegador ontológico**, que faz a navegação pela ontologia. O navegador ontológico requisita, da ontologia, os conceitos relacionados com o conceito indicado pelo *link* conceitual acionado pelo usuário (6). A ontologia retorna os conceitos relacionados (7). O sistema se encarrega de construir a visualização da ontologia e exibi-la para o usuário (8).

A partir desse momento, o usuário pode navegar pela ontologia, expandindo a visualização para que sejam exibidos conceitos não mostrados na visualização inicial. Quando encontrar algum conceito do qual deseje maiores informações, o usuário pode requisitar a lista de docu-

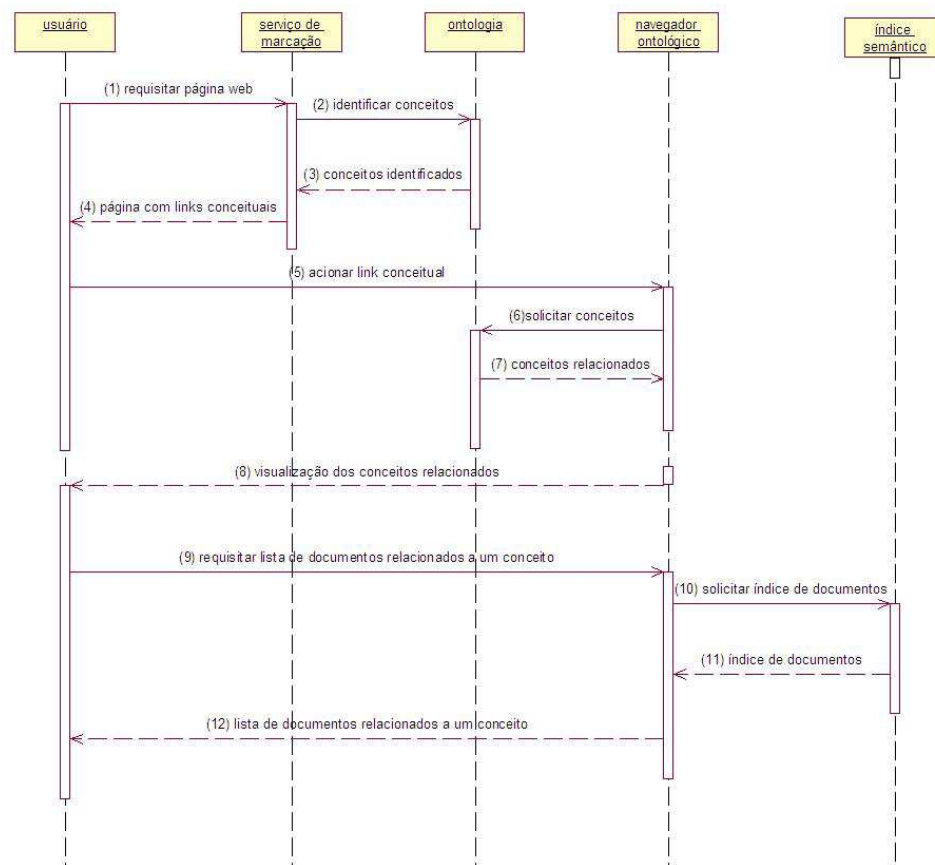


Figura 4.2: Diagrama de sequência da navegação conceitual

mentos relacionados a esse conceito (9). O navegador ontológico, por sua vez, faz a requisição, ao índice semântico, da relação de documentos ligados ao conceito (10). O índice semântico retorna uma lista de endereços para documentos (11). O navegador ontológico exibe a lista para o usuário (12).

Por ser um processo cíclico, a sequência apresentada pode ser reiniciada a partir do momento em que o usuário consulta um novo documento Web na lista de endereços mostrada pelo navegador. A requisição de um novo documento Web retoma o passo (1), e a sequência é retomada a partir desse ponto.

O processo de navegação conceitual, apresentado neste capítulo, não depende de uma arquitetura. O próximo capítulo sugere uma arquitetura tendo em vista sua aplicação em um ambiente de gestão do conhecimento empresarial. Cada situação deve ser analisada para que se defina a arquitetura mais adequada para suprir suas necessidades.

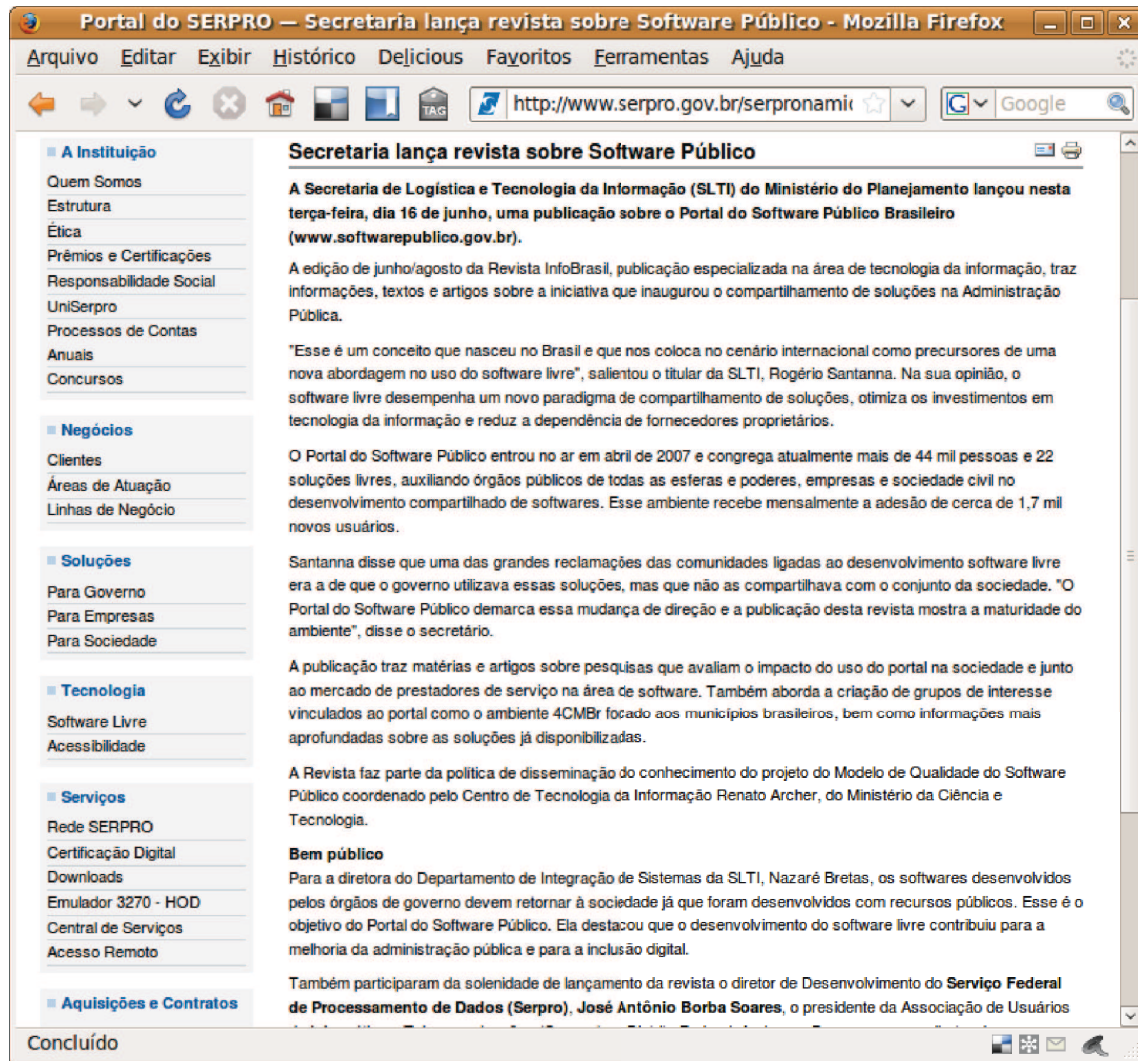
### 4.3.1 Inserção de *links* em páginas Web

O serviço de inserção de *links* conceituais em documentos Web baseia-se na proposta de sistemas de hipermídia abertos. Em sistemas de hipermídia abertos, os *links* são armazenados e mantidos separados dos documentos. Os *links* são inseridos dinamicamente no documento quando este é requisitado pelo usuário.

O serviço de inserção de *links* conceituais em documentos Web age como um intermediário entre o navegador do usuário (cliente), que requisita o documento, e o servidor Web que envia esse documento. O serviço de inserção intercepta o documento, enviado pelo servidor, e faz a inserção dos *links*, para só então encaminhá-lo ao cliente.

A construção dos *links* é feita com base em uma ontologia. O sistema analisa o texto do documento Web e identifica, nesse texto, palavras que possuem conceitos correspondentes na ontologia. Os conceitos identificados são marcados com um *link*.

A Figura 4.3 mostra um exemplo de documento Web consultado por um usuário sem que se faça a inserção de *links* conceituais. O documento é exibido na forma concebida por seu autor.

Figura 4.3: Documento Web sem *links* conceituais

Na Figura 4.4, o mesmo documento pode ser visto após receber o tratamento do serviço de inserção de *links*. Agora o documento exibe os *links* conceituais que foram inseridos no corpo do texto.

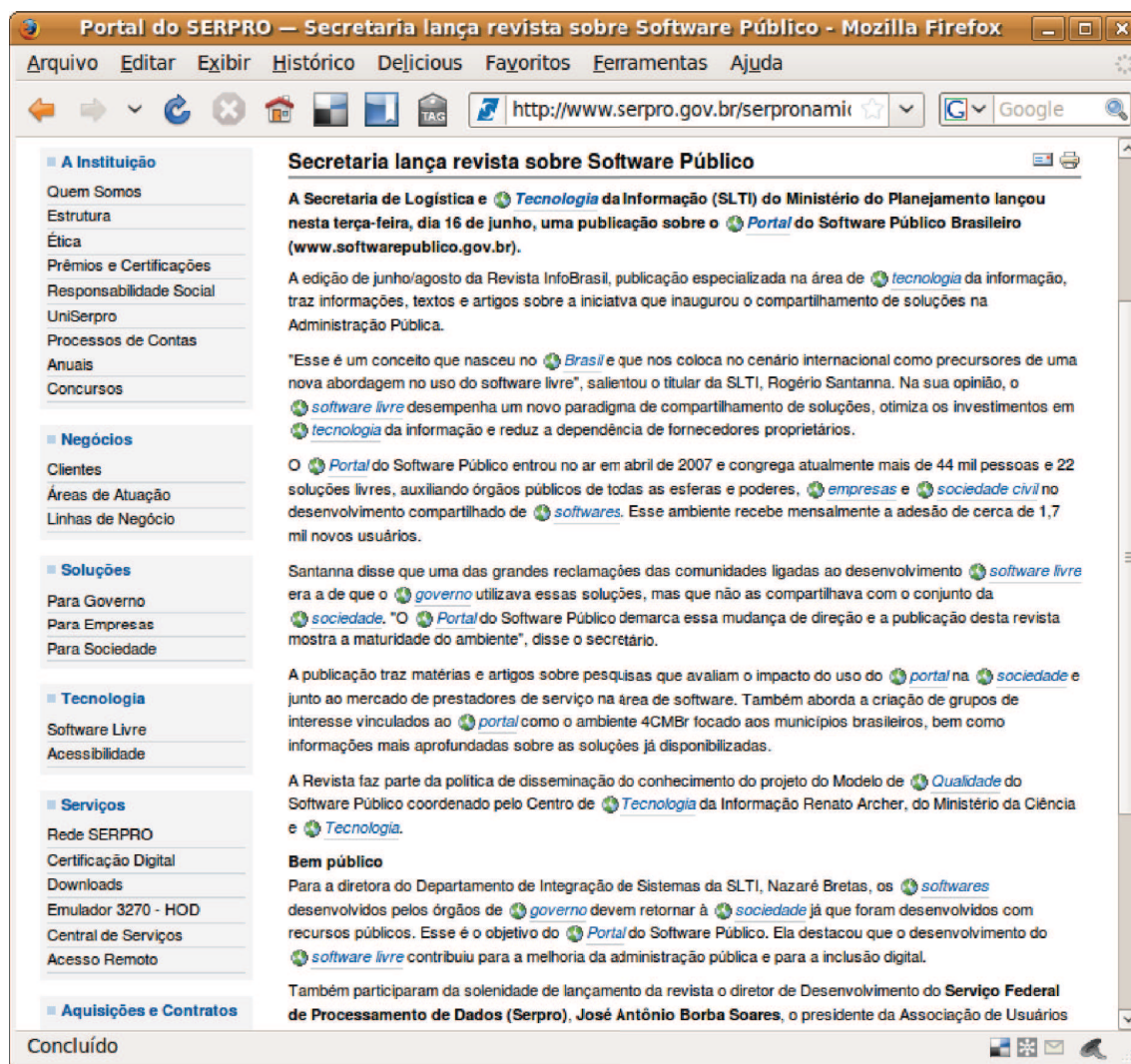


Figura 4.4: O mesmo documento Web após a inserção de *links* conceituais

Os *links* inseridos dinamicamente ativam um endereço no qual pode ser feita a navegação pela ontologia que foi usada para inserir os *links* conceituais.

### 4.3.2 Navegação pela ontologia

O acionamento de um *link* conceitual dá início a uma navegação por uma ontologia. A navegação pela ontologia tem como ponto inicial o conceito indicado pelo *link* que foi acionado



pelo usuário. A partir desse conceito inicial, o usuário pode acionar a visualização de outros conceitos e relacionamentos contidos na ontologia.

A Figura 4.5 mostra uma sequência de passos durante uma navegação conceitual. No passo 1, a partir do *link* conceitual <métrica>, tem-se acesso ao respectivo conceito <métrica> na ontologia. Nos passos 2 e 3, navega-se através da rede de conceitos da ontologia até o conceito <requisitos>. A partir daí, consultando-se, no passo 4, o índice semântico, obtém-se, no passo 5, o conjunto de páginas relacionadas ao conceito <requisitos>.

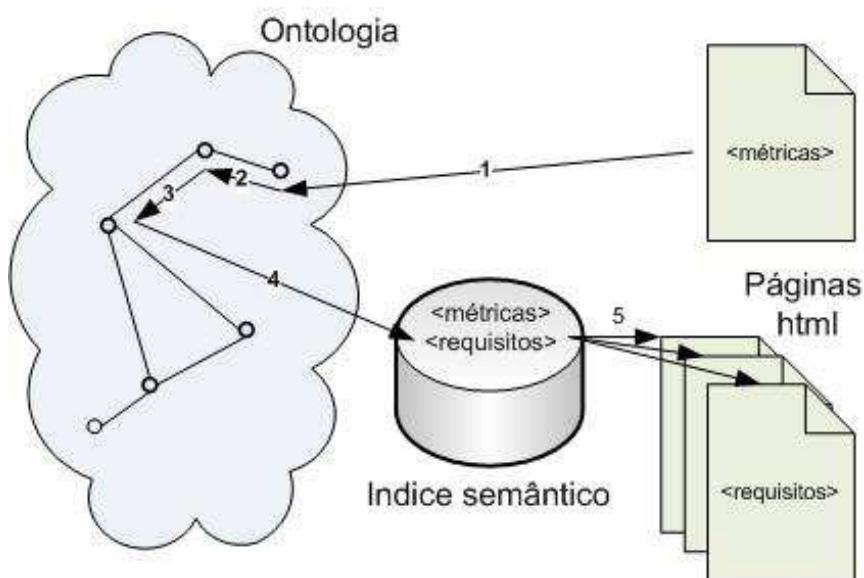


Figura 4.5: Exemplo de navegação conceitual

O uso de recursos gráficos para navegação pode ser vantajoso na interação do sistema navegador com o usuário. O sistema deve possibilitar a visualização dos conceitos e de seus relacionamentos de forma que se consiga identificar como esses conceitos são conectados. O uso de navegadores semânticos é uma alternativa para a navegação pela ontologia.

O formato de visualização e navegação pela ontologia pode variar de acordo com o contexto. A visualização em forma de grafo pode ser interessante em um contexto que exiba conceitos existentes em uma empresa. Já uma visualização em forma de mapa pode ser mais vantajosa quando o contexto se referir a lugares, enquanto uma visualização em forma de calendário pode ser mais interessante quando o contexto estiver relacionado a datas. Portanto, é importante



analisar a situação, para se definir a forma de exibição mais adequada.

A partir de um conceito, durante a navegação, o usuário pode abrir uma lista de endereços a novos documentos. Esses endereços podem ser armazenados no índice semântico, e são exibidos sempre que o usuário seleciona um conceito.

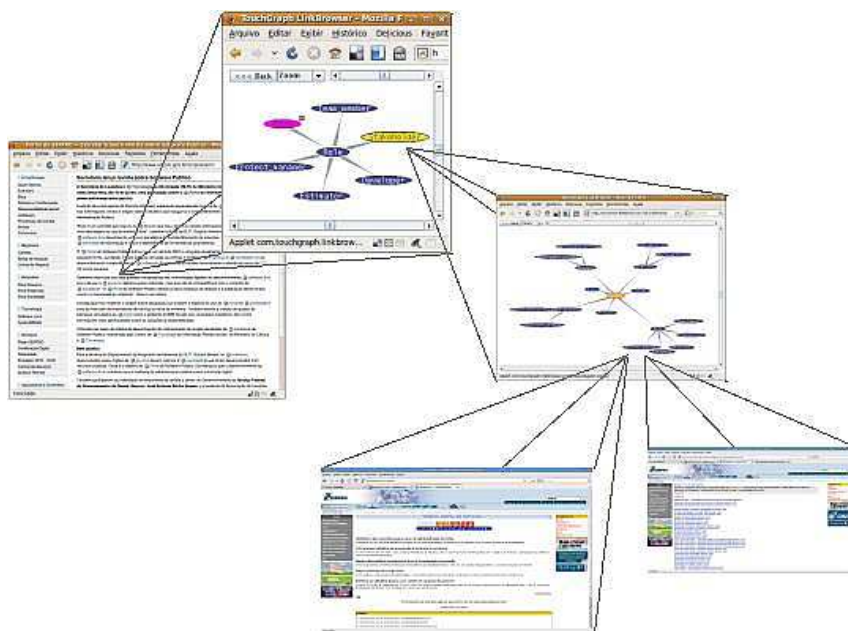


Figura 4.6: Exemplo de navegação conceitual

A Figura 4.6 mostra uma sequência de telas durante uma navegação conceitual. Ao ser selecionado um *link* conceitual em um documento Web, aciona-se a visualização da ontologia. Esta, por sua vez, aciona novas visualizações de outros conceitos e seus relacionamentos na ontologia. Os conceitos também acionam a visualização de uma lista de documentos relacionados ao conceito e de novos documentos a partir dessa lista.

Por meio da navegação pela ontologia e de consultas ao índice semântico, o usuário pode obter conhecimento da rede de conceitos que forma a base de conhecimento de uma empresa e ter acesso a documentos que, provavelmente, não seriam consultados em uma navegação normal pela Web.

### 4.3.3 Benefícios da navegação conceitual

A navegação conceitual contribui para a gestão do conhecimento, pois é um recurso que provê acesso ao conhecimento corporativo. Ao utilizar uma ontologia corporativa para conduzir a navegação, o usuário tem a vantagem de visualizar a estrutura do conhecimento corporativo. Essa visualização dá ao usuário a oportunidade de uma melhor compreensão do conhecimento corporativo. A ontologia e o índice semântico representam a estrutura do conhecimento. Adicionalmente, a contínua atualização do índice semântico minimiza a ocorrência de *links* apontando para documentos inexistentes.

Em um ambiente onde se possa indexar semanticamente todos os documentos, por exemplo, em uma intranet, a navegação conceitual pode ser usada como ferramenta para se consultar o índice semântico. Os conceitos da ontologia visualizados pelo usuário podem acionar consultas ao índice semântico.

O uso de ontologias e índices semânticos traz a vantagem de possibilitar um agrupamento semântico dos documentos indexados. O agrupamento semântico de documentos possibilita a identificação dos relacionamentos entre documentos e dos documentos com um conceito.

Muitas vezes, o usuário inicia uma procura a documentos sem uma ideia exata daquilo que deseja [Pandit e Olston 2007]. Os *links* exibidos nas páginas ajudam a localizar conceitos relacionados ao ponto de partida da consulta e que podem estar mais relacionados com o que o usuário realmente deseja.

Em um ambiente mais amplo, como a internet de modo geral, a navegação conceitual apresenta a vantagem de fornecer um escopo de navegação para o usuário. O usuário pode identificar conceitos relacionados aos documentos pelos quais já navegou. E pode, ainda, usar esses conceitos para se orientar durante sua navegação pela Web.

A navegação conceitual na internet apresenta vantagem também em comparação com *links* estáticos. Mesmo com a limitação do índice semântico, que não contém todos os documentos existentes na internet, a navegação conceitual é capaz de disponibilizar acesso a mais documen-

tos do que *links* estáticos que direcionam para apenas um documento.

## 4.4 Sumário

Neste capítulo, apresentou-se a definição de navegação conceitual. Mostrou-se como navegar por documentos Web utilizando uma ontologia e um índice semântico para criar links que direcionam a navegação do usuário pelos documentos.

O capítulo 5 apresenta uma arquitetura que implementa a navegação conceitual.

## 5 *Uma arquitetura para navegação conceitual*

*Neste capítulo, apresenta-se a arquitetura proposta para a realização de navegação conceitual.*

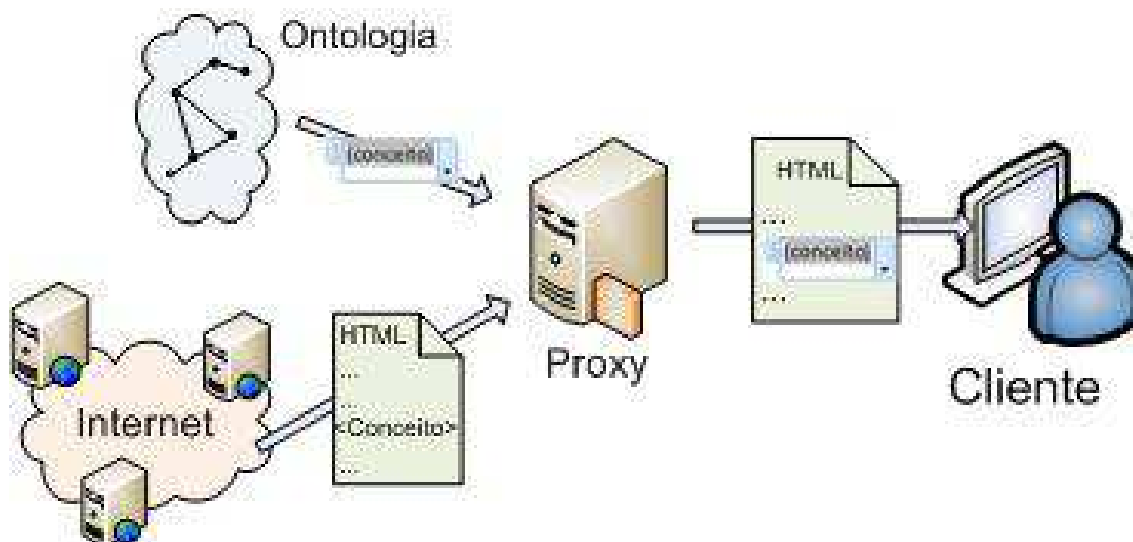
### 5.1 Introdução

A arquitetura proposta neste estudo foi denominada NavCon (**Navegador Conceitual**). O NavCon pode ser dividido em dois módulos: O primeiro manipula o conteúdo de páginas Web, inserindo *links* conceituais. Os *links* conceituais acionam o segundo módulo, que é responsável por conduzir a navegação, pela ontologia, até chegar aos documentos desejados.

### 5.2 Módulo de inserção de links conceituais em páginas Web

O primeiro módulo tem por finalidade inserir *links* conceituais em páginas Web. O processo de inserção dos *links* conceituais é ilustrado na Figura 5.1. Um usuário faz, do modo usual, uma requisição de uma página Web qualquer. Um *proxy* captura a página solicitada pelo usuário e a percorre, procurando termos que sejam associados a conceitos da ontologia. Os conceitos encontrados são marcados com *links* conceituais. No final, a página alterada é enviada para o cliente.

A ontologia a ser usada, representada em linguagem OWL, é configurada no *proxy*, e define o contexto em que se insere o usuário. O serviço de marcação implementado oferece um recurso para selecionar as ontologias definidoras do contexto.

Figura 5.1: Inclusão de *links* conceituais em uma página Web

Será definido um contexto comum a todos os usuários, já que a seleção das ontologias não se dá de maneira individual, mas coletiva. Pretende-se, futuramente, incluir um recurso para seleção das ontologias por usuário. As duas formas de seleção são importantes, se considerados os diferentes ambientes de uso dos recursos da Web. Por exemplo, em uma intranet dentro de uma empresa, o contexto seria definido por um gestor ou grupo de gestores, que ficaria responsável por configurar as ontologias no *proxy*. Já em um ambiente mais aberto, como a própria internet, um recurso para o usuário configurar seu perfil seria mais vantajoso. O usuário poderia informar quais ontologias prefere usar, definindo assim o contexto no qual pretende se inserir.

O sistema possibilita indicar mais de uma ontologia para a definição do contexto. Assim sendo, pode ocorrer de várias ontologias serem utilizadas ao mesmo tempo. Pelos conceitos encontrados na página Web, o sistema identifica a qual ontologia ela está relacionada.

Note-se que a página original pode ser qualquer página Web. Não é necessário que a página tenha sido construída com *links* semânticos. O sistema é capaz de identificar os conceitos na página e construir os *links* apropriados.

### 5.3 Módulo de navegação sobre conceitos de uma ontologia

A partir do acionamento do *link* conceitual, o módulo realiza a navegação pela ontologia e, utilizando o índice semântico, a recuperação dos documentos HTML relacionados ao conceito desejado.

O NavCon exibe um grafo de relacionamentos construída a partir das classes e instâncias de uma ontologia. As classes e instâncias representam os conceitos contidos na ontologia. No grafo construído pelo NavCon, os nós indicam os conceitos, enquanto as arestas indicam os relacionamentos entre os conceitos.

A partir dos nós do grafo de conceitos, é possível abrir uma janela *pop-up* que exibe uma lista de endereços com *links* associados ao conceito. A lista de endereços é obtida de um índice semântico.

Por meio do índice semântico, é possível manter atualizada a lista de endereços. A lista apresenta apenas endereços válidos. Mantendo-se-a atualizada, diminuem os acessos a páginas desatualizadas ou que deixaram de existir.

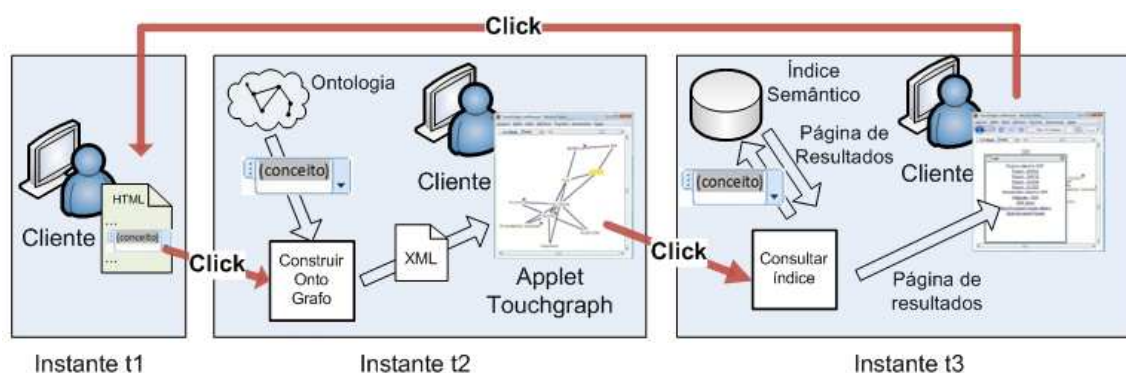


Figura 5.2: Navegação sobre um grafo de conceitos

A Figura 5.2 ilustra como funciona o módulo de navegação. No instante *t1*, uma aplicação cliente lê uma página Web que contém *links* conceituais. Quando é acionado um desses *links*, tem início o método *ConstruirOntoGrafo*, conforme demonstrado no instante *t2*. O método *ConstruirOntoGrafo* gera um arquivo XML que é exibido como um grafo em um *applet* para

o usuário. Durante a navegação pelo grafo, quando o usuário aciona um dos nós, inicia-se o instante  $t3$ . Nesse momento, o sistema executa uma consulta no índice semântico, procurando o conceito fornecido pelo nó, e recupera uma lista de páginas Web relacionadas com o conceito procurado. O usuário pode, então, navegar pelas páginas recuperadas. O sistema também insere *links* conceituais nessas páginas, de forma que se retorna ao instante  $t1$ , em um ciclo contínuo.

## 5.4 Implementação da arquitetura

### 5.4.1 Módulo de inserção de links conceituais

Para a implementação do primeiro módulo, utilizou-se o servidor *proxy* WBI 4.5 <sup>1</sup>, da IBM. Trata-se de um *proxy* configurável, que utiliza uma API Java, apropriado para a criação de aplicações intermediárias na Web.

Segundo o WBI, aplicações intermediárias são entidades computacionais que podem ser colocadas em qualquer posição no caminho do fluxo da informação. As aplicações intermediárias são usadas para adicionar funcionalidades a um sistema, quando nem a fonte produtora de dados nem o consumidor podem ser modificados.

Aplicações intermediárias são adicionadas, ao WBI, no formato de *plugins*, que são registrados no *proxy*.

No WBI, foi implementado um serviço que recebe uma página Web, varre o conteúdo dessa página, identificando conceitos, busca esses conceitos em ontologias predefinidas e faz a marcação no código HTML da página, inserindo um *link* conceitual.

O programa que carrega a ontologia no *proxy* foi implementado usando bibliotecas do Jena 2<sup>2</sup>. O Jena 2 é um *framework* Java para construção de aplicativos para Web Semântica. Esse *framework* fornece um ambiente de programação com recursos para manipular dados RDF, RDFS e OWL. O Jena 2 inclui também uma máquina de inferência baseada em lógica.

---

<sup>1</sup><http://www.almaden.ibm.com/cs/wbi/>

<sup>2</sup><http://jena.sourceforge.net/>

Para que o serviço de marcação consiga identificar os conceitos da ontologia, estes são carregados em um dicionário de termos no *proxy*. O dicionário apresenta o seguinte formato:

```
<nome do conceito>  
<url de acesso ao conceito no navegador ontológico>
```

Por exemplo, os conceitos <projeto> e <sistema> são descritos no dicionário da seguinte forma:

```
projeto  
http://localhost:8080/navcon/TGLinkBrowser.html?class=Projeto  
sistema  
http://localhost:8080/navcon/TGLinkBrowser.html?class=Sistema
```

Durante a construção da ontologia, pode-se associar uma lista de termos a um mesmo conceito. A associação de variações do nome de um conceito possibilita a identificação do conceito mesmo que este apareça descrito no documento Web de maneiras diferentes. Assim, pode-se trabalhar variações de número e gênero das palavras. No exemplo anterior, o sistema poderia identificar o conceito projeto mesmo que este apareça no documento em sua forma plural projetos.

Para se associar mais de um termo a um conceito, utilizou-se a tag **rdfs:label**, que é uma propriedade das classes e indivíduos de uma ontologia. A linguagem OWL possibilita que se informe mais de um rótulo **rdfs:label** para a mesma classe ou indivíduo.

O sistema NavCon identifica as classes da ontologia e carrega os termos no dicionário por meio do trecho de código discriminado a seguir:

```
//cria um modelo vazio para receber a ontologia  
OntModel m = ModelFactory.createOntologyModel(  
    isDAML ? OntModelSpec.DAML_MEM : OntModelSpec.OWL_MEM, null);  
  
// abre uma cópia local da ontologia  
m.getDocumentManager().addAltEntry( "http://www.owl-ontologies.com/  
    Quality_ontology.owl",  
    "file:/home/renato/ontologies/  
    gp-psds.owl" );
```



```

// lê o código da ontologia
m.read( source );

// lista as classes da ontologia
for (Iterator i = m.listClasses(); i.hasNext(); ) {
    //para cada classe da ontologia
    OntClass c = (OntClass) i.next();
    //lista os rótulos para a classe
    for (Iterator k = c.listLabels("PT"); k.hasNext(); ){
        output.write(k.toString().toLowerCase());
        output.write("\r");
        output.write("http://localhost:8080/navcon/TGLinkBrowser.html?
                               classe="+c.getLocalName());

        output.write("\r");
        //grava também o nome da classe
        if (c.getLabel("") != null){
            output.write(c.getLabel("").toLowerCase());
            output.write("\r");
            output.write("http://localhost:8080/navcon/TGLinkBrowser.html?
                               classe="+c.getLocalName());

            output.write("\r");
        }
    }
}
}

```

O *link* conceitual diferencia-se dos demais *links*, pois aponta para o endereço que aciona o *applet* de navegação na ontologia.

Um código Javascript também é adicionado ao conteúdo da página para exibir um ícone próximo ao *link* conceitual. Esse ícone possibilita, visualmente, identificar quais *links* da página são *links* conceituais, distinguindo-os dos *links* originais da página. O ícone do *link* conceitual só é exibido quando o usuário posiciona o ponteiro do *mouse* sobre o *link* conceitual. Tanto quanto possível, deve-se evitar que o NavCon altere o leiaute original da página.

O proxy do NavCon introduz no documento HTML recebido as seguintes alterações:

1. Insere o código Javascript responsável por exibir o ícone próximo ao *link* conceitual.

```

<script language="JavaScript" type="text/javascript">
    function Exibe() { myimage.style.display = ""; }
    function Esconde() { myimage.style.display = "none"; }
</script>

```

2. Insere o código HTML da imagem do ícone no início do documento Web.

```

```

3. Insere os *links* conceituais. No exemplo a seguir, vê-se um trecho de texto extraído de uma página Web. O NavCon faz a inserção de um *link* conceitual no termo **SGI**.

Antes da inclusão do *link*, o código HTML desse trecho de texto é

```
...Foram utilizadas as ferramentas CSV, Solicita Web, SGI e Revisa...
```

Após a inclusão do *link* conceitual, o código HTML desse mesmo trecho de texto altera-se para

```
...Foram utilizadas as ferramentas CSV, Solicita Web,
<i>
<A HREF="http://localhost:8080/navcon/TGLinkBrowser.html?classe=SGI"
    onMouseOver="javascript:Exibe();"
    onMouseOut="javascript:Esconde();">SGI</A>
</i> e Revisa...
```

No momento, o sistema que faz a marcação não sobrescreve ou substitui os *links* já existentes na página. Se um conceito identificado pelo sistema já possui um *link* criado pelo construtor da página, esse conceito não é marcado com o *link* conceitual. O serviço de marcação é capaz de identificar termos com uma ou duas palavras.

## 5.4.2 Módulo de navegação pela ontologia

A ferramenta de navegação acionada pelo *link* conceitual é uma adaptação do TGLinkBrowser<sup>3</sup>. Essa ferramenta é basicamente constituída por um *applet* que exibe um grafo contendo os conceitos da ontologia e seus relacionamentos. O usuário pode navegar por esses conceitos. Uma vez selecionado um conceito, é possível acessar documentos externos a ele relacionados. A Figura 5.3 mostra uma tela da ferramenta de navegação.

---

<sup>3</sup>[http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group\\_id=30469](http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=30469)

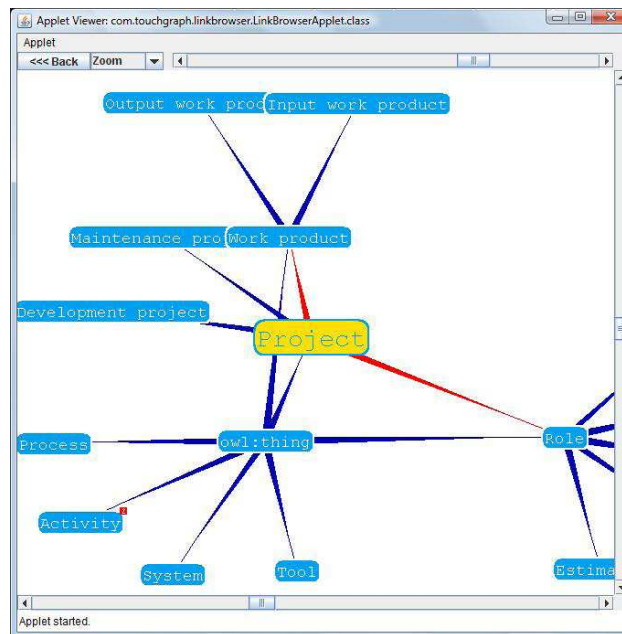


Figura 5.3: Visualização da ontologia usando cores diferentes para representar tipos de relacionamento diferentes

O TGLinkBrowser foi desenvolvido usando o componente TouchGraph <sup>4</sup>, que é uma biblioteca Java para criação e navegação de gráficos de rede interativos. Para indicar categorias, relacionamentos e importância relativa dos itens, o TouchGraph oferece alguns recursos de visualização, como, por exemplo, cores, tamanhos e formas distintas. Além disso, oferece: a) visualização panorâmica e recursos de zoom; b) mudanças de perspectivas, por meio de mecanismo de segurar e arrastar itens, mudando, assim, a perspectiva de visão do grafo, ocultar e exibir nós e seus respectivos relacionamentos; e c) visualização de recursos externos à rede visualizada.

O Touchgraph constrói a visualização do grafo a partir de um arquivo XML que descreve os nós e arestas do grafo.

Um conceito da ontologia, representado por um nó no grafo, é descrito na forma do arquivo XML:

```
<NODESET>
  <NODE nodeId="URI do Conceito">
    <NODE_LOCATION x="633"
```

<sup>4</sup><http://www.touchgraph.com/>

```

        y="30"
        visible="true"/>
<NODE_LABEL label="Descrição amigável do conceito"
            shape="3"
            backColor="FF00FF"
            textColor="FFFFFF"
            fontSize="18"/>
<NODE_URL url=""
            urlIsLocal="false"
            urlIsXML="false"/>
<NODE_HINT hint="Relação de endereços obtidos do índice semântico"
            width="200"
            height="-1"
            isHTML="true"/>
</NODE>
</NODESET>

```

As tags **nodeId** e **label** recebem como valores, respectivamente, a URI do conceito na ontologia e uma descrição amigável desse conceito que possa ser exibida para o usuário. A tag **hint** recebe como valor o código HTML de uma página que contém a relação de endereços obtidos do índice semântico. As demais tags servem para definir formato, tamanho, cor e fonte de letra do nó. Esses valores variam de acordo com o tipo de conceito que o nó representa. Por exemplo, quando representa uma classe da ontologia, o nó é exibido na cor azul; quando representa uma instância, o nó é exibido na cor laranja.

Por sua vez, um relacionamento entre dois conceitos é descrito, no arquivo XML, por uma aresta da seguinte forma:

```

<EDGESET>
  <EDGE fromID="Conceito 1"
        toID="Conceito 2"
        type="1"
        length="40"
        visible="true"
        color="A0A0A0"/>
</EDGESET>

```

A tag **fromID** indica o nó de origem da aresta, o que significa que esse é o conceito de domínio do relacionamento. A tag **toID** indica o nó de destino da aresta que representa o conceito imagem do relacionamento. Propriedades como tamanho e cor podem variar de acordo com o tipo de relacionamento entre os dois conceitos.

Um relacionamento pode ser interpretado como uma hierarquia pai-filho entre dois conceitos. Outro tipo de relacionamento existe quando um conceito é instância de uma classe. Um terceiro tipo de relacionamento pode ser definido por propriedades de classes da ontologia.

Na visualização de uma ontologia no formato de um grafo, cores diferentes podem representar tipos de relacionamento diferentes. As cores diferentes podem, por exemplo, representar camadas diferentes na ontologia (vide Figura 3.7 na seção 3.4.3). Na Figura 5.3, as arestas azuis representam uma hierarquia entre duas classes, enquanto as arestas vermelhas representam outro tipo de relacionamento que não seja hierarquia.

Dentre as vantagens do uso de uma ferramenta de navegação visual, destaca-se a possibilidade de direcionar a navegação do usuário. O grafo de conceitos também pode servir como um mapa para a localização de documentos.

## 5.5 Exemplo de uso do NavCon

Esta seção apresenta um estudo de caso de aplicação da navegação conceitual por meio do NavCon. Para este estudo de caso, foi escolhida uma empresa governamental de grande porte do setor de serviços de informática. A empresa possui implementado um processo de desenvolvimento de sistemas em conformidade com o modelo CMMI. A empresa investe em gestão do conhecimento por meio de ações definidas por um grupo de trabalho responsável pela elaboração e implantação da gestão do conhecimento organizacional.

Para a construção da ontologia usada como exemplo neste estudo, foi realizado um levantamento junto ao departamento de desenvolvimento de sistemas da empresa. Foram escolhidos conceitos relacionados aos termos que ocorrem em documentos produzidos por projetos de desenvolvimento. Os conceitos foram mapeados em classes e instâncias da ontologia. A Figura 5.4 apresenta uma lista com alguns exemplos de classes e instâncias contidas nessa ontologia. Esses conceitos foram definidos a partir de termos levantados em documentos de projetos usados pelos desenvolvedores da empresa. Foram incluídos nomes de projetos, sistemas, linguagens e ferramentas. Para simplificação, a Figura 5.4 apresenta apenas alguns conceitos

usados nesse exemplo.

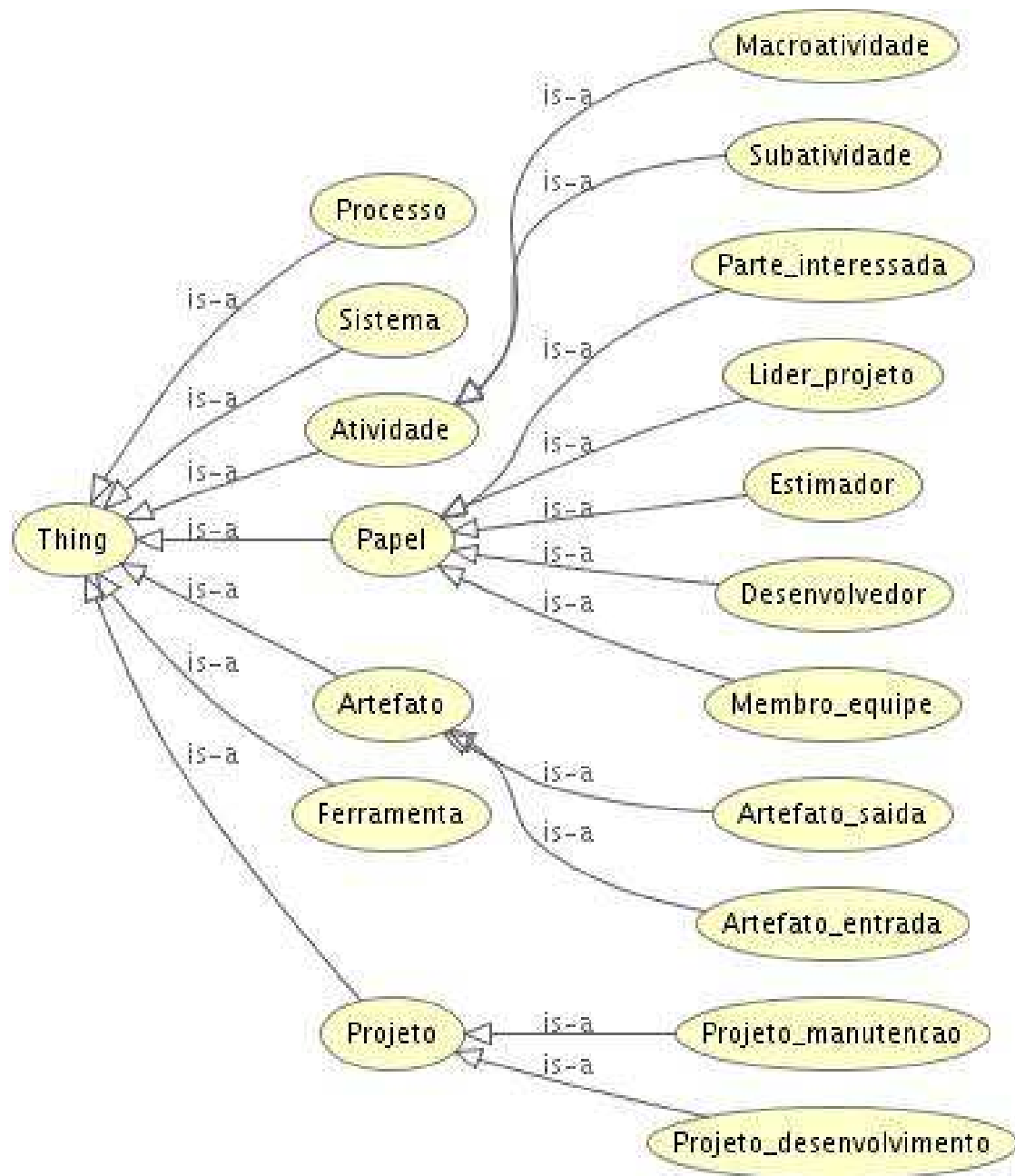


Figura 5.4: Ontologia de um processo de desenvolvimento de *software*

A cada conceito da ontologia é associada uma lista de termos. Em OWL, é possível atribuir rótulos a classes, propriedades e instâncias. Essa propriedade é usada para representar o vetor de termos associados a um conceito. A Tabela 5.1 mostra exemplos de vetores de termos associados a conceitos na ontologia usada neste estudo.

Tabela 5.1: Exemplos de vetores de palavras associadas a conceitos

Conceito	Vetor de termos associados
Projeto	(projeto, projetos)
Projeto de desenvolvimento	(projeto de software, projeto de desenvolvimento, projeto de sistema)
Desenvolvedor	(desenvolvedor, desenvolvedora, desenvolvedores, DES, desenv.)
Papel	(papel, papéis)
Líder de projeto	(líder de projeto, líderes de projeto, gerente de projeto, gestor de projeto, chefe de projeto, LP)
Consultor de qualidade	(consultor de qualidade, gestor de qualidade, CGQS, GQSC, GQS, GQSP)

O serviço de marcação do NavCon procura pelos termos contidos nos vetores dentro dos documentos Web recuperados pelo usuário. Ao encontrar um termo, cria-se um *link* para o conceito correspondente.

A Figura 5.5 mostra um exemplo de uma página Web, existente na intranet, com *links* conceituais inseridos pelo NavCon. Quando o *browser* do usuário carrega a página solicitada, o NavCon identifica o termo <projeto>. O sistema se encarrega, então, de inserir os *links* conceituais sobre as ocorrências desse termo na página. A seta na Figura 5.5 indica os *links* inseridos. O NavCon também insere um código Javascript que controla a exibição de um ícone, imediatamente acima do termo marcado, para identificar o *link* como um *link* conceitual. *Links* conceituais apontam para a localidade onde o sistema exibe os conceitos da ontologia relacionados ao conceito <projeto>. A barra de *status* do *browser*, na Figura 5.5, mostra o endereço, no sistema NavCon, ao qual se refere o conceito <projeto>.

Após a ativação do *link* conceitual pelo usuário, tem início um *applet*, conforme demonstrado na Figura 5.6. O *applet* mostra a visualização dos conceitos da ontologia diretamente relacionados ao link conceitual selecionado. O conceito destacado no grafo é o mesmo que ativou o *applet*.

Nesse exemplo, o usuário seleciona o termo <projeto>. A partir desse primeiro grafo, é possível navegar em todos os outros conceitos da ontologia, mesmo que estes não sejam inicialmente exibidos. O sistema também exibe o nome de um relacionamento sempre que o

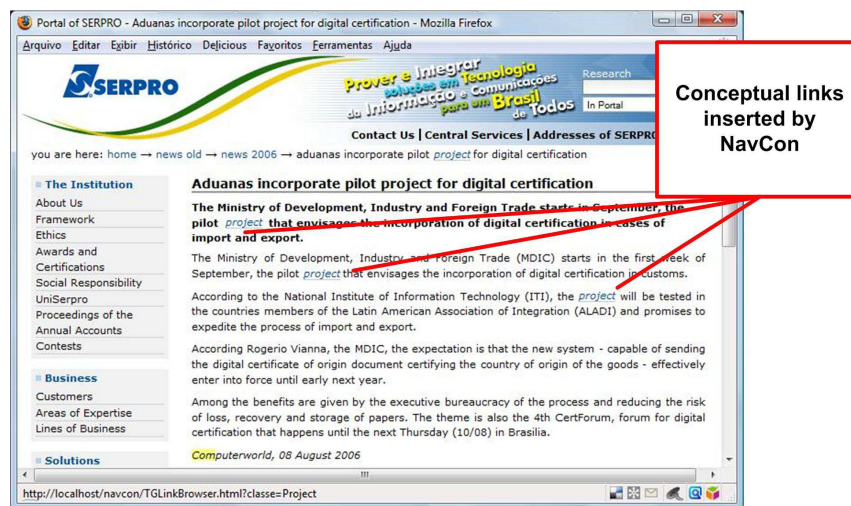


Figura 5.5: Exemplo de páginas Web contendo *links* conceituais

usuário ativa uma aresta entre dois conceitos.

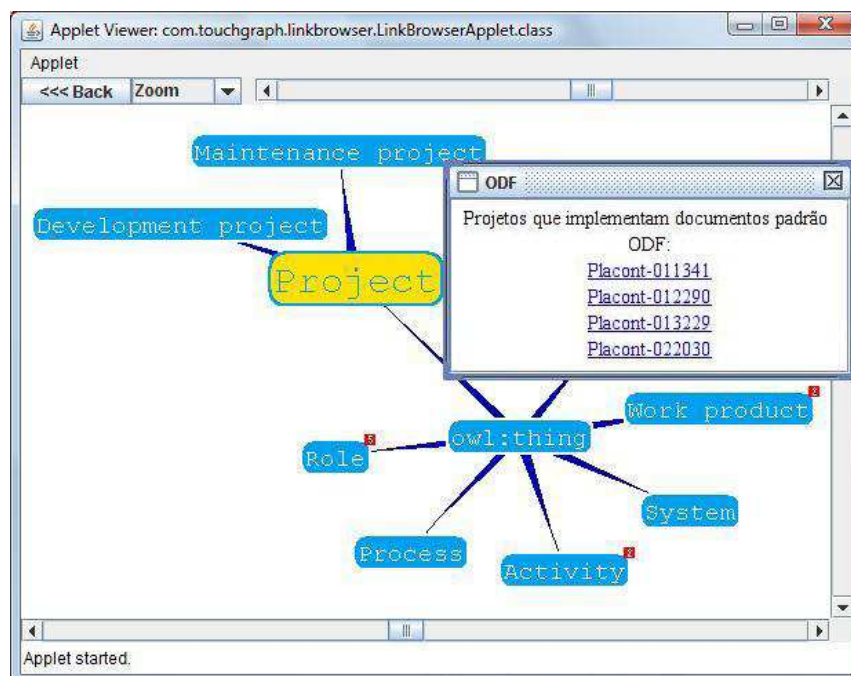


Figura 5.6: *Applet* com um grafo de conceitos da ontologia

Finalmente, a Figura 5.6, mostra uma página com uma lista de *links* conectados ao conceito <projeto>. Essa lista é obtida posicionando-se o ponteiro do *mouse* sobre o conceito no grafo. Pode-se acessar os documentos indicados pelos *links* da lista.



## 5.6 Comparação com outras ferramentas

A arquitetura do NavCon apresenta uma proposta que guarda similaridades com os sistemas apresentados no capítulo 3. No citado capítulo, foram apresentadas diversas ferramentas que implementam conceitos de uso de metadados para recuperação de documentos, de sistemas de hipermídia abertos e de navegação usando recursos de Web Semântica. As ferramentas estudadas apresentavam um ou outro desses conceitos, às vezes mais de um.

O principal diferencial do NavCon consiste em agregar todos esses conceitos em uma mesma arquitetura. A aplicação dessa arquitetura também constitui uma diferença do NavCon em relação aos demais sistemas.

Nesta seção, faz-se um estudo comparativo do NavCon em relação às demais ferramentas apresentadas no capítulo 3. A comparação foi realizada segundo dois critérios: primeiramente, comparou-se o NavCon com ferramentas que usam metadados para recuperar documentos; em seguida, comparou-se o NavCon com outros navegadores que utilizam conceitos de Web Semântica.

### 5.6.1 Comparação com ferramentas que recuperam documentos

A Tabela 5.2 resume a comparação entre o NavCon e as ferramentas que usam metadados para recuperar documentos. Os valores **Sim** e **Não**, que ocorrem na tabela, referem-se a presença (**Sim**) e ausência (**Não**) da característica na ferramenta citada.

No tocante ao tipo de metadado, Del.icio.us, Quintura e Wikify! são sistemas que usam *tags* para anotação e/ou recuperação de documentos, enquanto o NavCon apresenta como diferencial o uso de ontologias como metadados. Conforme discutido neste estudo, o uso de ontologias possibilita a adoção de relacionamentos semânticos entre metadados e entre metadados e documentos. O uso de palavras impossibilita a existência de relacionamentos semânticos, enquanto o uso de *tags* possibilita a atribuição de uma semântica que não pode ser plenamente realizada.

Quanto ao formato de visualização dos metadados, os sistemas Del.icio.us e Wikify! exi-

Tabela 5.2: Comparação entre o NavCon e ferramentas de recuperação de documentos

Característica	NavCon	Del.icio.us	Quintura	Wikify!	COHSE
Tipo de metadado	<b>ontologia</b>	tags	tags	tags	ontologia
Possui relacionamento semântico entre metadados	<b>Sim</b>	Não	Não	Não	Sim
Possui relacionamento semântico entre metadados e documentos	<b>Sim</b>	Não	Não	Não	Sim
Formato de visualização dos metadados	<b>grafo</b>	lista	tag cloud	lista	grafo
Insere links em documentos	<b>Sim</b>	Não	Não	Sim	Sim
Forma de recuperação de documentos	<b>Índice semântico</b>	Índice de tags	Ferramenta de busca	Consulta Wiki	Ferramenta de busca

bem os metadados em listas de *tags*, enquanto o Quintura contém recursos adicionais para navegação sobre uma *tag cloud*. Quando o usuário executa uma consulta, o sistema retorna a lista de resultados junto com uma *tag cloud* com *tags* relacionadas à consulta. É possível refinar a consulta inicial apenas clicando em uma *tag* da *tag cloud*. Apesar de a *tag cloud*, gerada pelo Quintura possuir algum relacionamento com a consulta feita pelo usuário, não é possível conhecer que tipo de relacionamento há entre o texto da consulta e a *tag cloud*, nem tampouco entre as *tags* contida na *tag cloud*.

Já o NavCon usa como recurso de navegação pelos metadados um *applet* com um grafo de conceitos. Nesse grafo, é possível identificar o tipo de relacionamento existente entre os conceitos.

Nos sistemas Del.icio.us e Quintura, a inclusão de *links* em documentos não se dá de forma automática. O Wikify! insere *links* em páginas Web relacionando-os a artigos existentes na Wikipedia<sup>5</sup>. Comparativamente ao sistema COHSE, o NavCon apresenta, como similaridade, o fato de se basear em ontologias para criar *links* para os conceitos dentro de páginas Web. O uso de ontologias possibilita a navegação conceitual.

Na forma de recuperar documentos o NavCon distingue-se das demais ferramentas, pois faz

<sup>5</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

uso de um índice semântico. A principal diferença em relação ao sistema COHSE, que também usa ontologias como metadados, é que este último deixa a cargo de terceiros a implementação dos recursos que serão acionados a partir dos *links*. No COHSE, o recurso acionado pelo *link* pode ser, por exemplo, uma consulta ao Google, na qual se perde o uso da semântica. Os demais sistemas apresentados recuperam documentos por meio de recursos que não utilizam semântica.

O NavCon implementa um serviço que compreende o acionamento da navegação de um grafo de conceitos da ontologia e a consulta a um índice semântico para fornecer acesso a outros documentos Web. Dessa forma, durante todo o processo de navegação o NavCon consegue utilizar o relacionamento semântico entre metadados e entre metadados e documentos.

### 5.6.2 Comparação com navegadores que usam recursos de Web Semântica

A Tabela 5.3 resume a comparação entre o NavCon e outros navegadores que usam recursos de Web Semântica. Os valores **Sim** e **Não** referem-se a presença (**Sim**) e ausência (**Não**) da característica na ferramenta citada.

Tabela 5.3: Comparação entre o NavCon e navegadores que usam recursos de Web Semântica

Característica	NavCon	Semantic Turkey	Magpie	Context Browser	Tabulator	Disco
Inserir links em documentos	<b>Sim</b>	Não	Sim	Não	Não	Não
Navega pela ontologia ou recurso RDF	<b>Sim</b>	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Ontologia é compartilhada	<b>Sim</b>	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Formato de visualização da ontologia ou RDF	<b>grafo</b>	grafo	lista e menu	lista e menu	árvore	árvore

Dentre os navegadores que usam recursos de Web Semântica apresentados, pode-se dizer que o NavCon está mais bem inserido no grupo de navegadores que fazem uso de semântica para oferecer recursos adicionais de navegação, como o Semantic Turkey, o Magpie e o Context Browser.

O Semantic Turkey utiliza os recursos de uma ontologia para o registro de *bookmarks* do usuário. Dessa forma, esse navegador trabalha no sentido de usar a tecnologia da linguagem OWL para criar um mecanismo mais eficiente para se registrar *bookmarks*. A ferramenta de navegação do Semantic Turkey faz uso de visualização da ontologia em um grafo de modo similar ao do NavCon. Entretanto, o NavCon apresenta como diferencial o uso do conceito principal de ontologias, que é ser um conhecimento compartilhado. Uma segunda diferença é que o navegador Semantic Turkey registra apenas as páginas já visitadas pelo usuário. Assim sendo, não atende à situação de um usuário que procura informação em documentos ainda não visitados. Já o NavCon oferece essa possibilidade, devido ao uso conjunto de ontologia, criada previamente e de modo compartilhado, e índice semântico.

Dos sistemas apresentados, o navegador semântico Magpie é aquele que apresenta mais similaridades com o NavCon. Ambos introduzem *links* em páginas Web com base em ontologias e oferecem recursos para consulta aos conceitos dessas ontologias. Entretanto, o NavCon possibilita navegar no grafo com os conceitos da ontologia, enquanto o Magpie apresenta funcionalidades para recuperar conceitos em forma de listas, exibidas em uma barra de ferramentas, geradas a partir de um *log* semântico. Além disso, o NavCon trabalha com uma ontologia compartilhada, centralizada em um servidor, enquanto o Magpie trabalha com uma ontologia local, criada a partir de um *log* das operações realizadas por seu usuário.

O sistema Context Browser assemelha-se ao NavCon, pelo uso de ontologias, mas diferencia-se pela sua aplicação. Enquanto o NavCon é uma ferramenta para navegação por documentos e pela ontologia, o Context Browser procura estender uma ferramenta de busca, sugerindo novos termos para consulta que estejam relacionados a uma consulta inicial realizada pelo usuário. Apesar da diferença no tipo de metadados adotado, seu comportamento assemelha-se ao do sistema Quintura.

Se comparado a navegadores que navegam por uma rede de documentos RDF, como, por exemplo, o Tabulator e o Disco, o NavCon traz como diferencial a forma de visualização dos conceitos da ontologia. O sistema Tabulator não implementa recursos de visualização mais

elaborados, e seus desenvolvedores deixam essa tarefa para ser desenvolvida conforme a necessidade do contexto em que a navegação será usada. O Disco também apresenta uma navegação puramente textual. Ambos os navegadores concentram-se em navegar pela rede de recursos RDF, o que equivale ao módulo de navegação pela ontologia realizada pelo NavCon.

## 5.7 Análise da arquitetura

Além das características apresentadas na seções anteriores, que foram comparadas às de outras ferramentas, procedeu-se também a uma análise do NavCon no tocante a características de performance, capacidade do serviço de marcação para identificar conceitos, segurança e privacidade.

A primeira análise abrangeu a performance dos serviços de marcação de páginas e de navegação pela ontologia. Ao se alterar o conteúdo de um documento Web antes de exibi-lo ao usuário, pode haver um aumento no tempo de espera pela página. Como a ferramenta insere apenas *links* em texto contido no documento, o percentual de alteração do conteúdo da página é baixo, e não há aumento perceptível de tempo de espera pelo usuário. Outros sistemas de marcação dinâmica, como o Annotea<sup>6</sup>, fazem uso de recursos similares e mostram resultados satisfatórios em relação à performance da renderização da página.

O segundo ponto analisado diz respeito à capacidade do serviço de marcação para conseguir localizar corretamente as classes da ontologia nas páginas. O serviço de marcação faz uso de listas de termos associados aos conceitos da ontologia. Assim, pode-se considerar que a capacidade de encontrar os conceitos nas páginas depende da qualidade com que se define a associação dos termos com os conceitos da ontologia.

Em relação à segurança, por adotar uma abordagem centralizada, o sistema se encontra-se em elevado nível. A arquitetura sugerida faz uso de um *proxy* para disponibilizar o serviço de marcação das páginas. A segurança desse serviço depende do nível de segurança de acesso ao *proxy* e às permissões para se alterar os serviços disponibilizados. Assim, pode-se controlar

---

<sup>6</sup><http://www.w3.org/2001/Annotea/>

melhor a forma como as páginas serão alteradas.

Considerou-se também a privacidade do usuário durante a navegação e dos documentos recuperados. A privacidade do usuário não é violada, pois o contexto em que ele está inserido é compartilhado. Na arquitetura proposta, a definição do contexto é feita, em um *proxy*, de modo centralizado e comum a todos os usuários. Assim sendo, não há necessidade de registrar informações acerca dos hábitos de navegação dos usuários.

## 5.8 Sumário

Neste capítulo, apresentou-se uma proposta de arquitetura para navegação conceitual, com a demonstração de um protótipo e de exemplos de aplicação.

No próximo capítulo, apresentam-se a conclusão do estudo e uma proposta para trabalhos futuros.

## 6 *Conclusão*

*Neste capítulo, apresentam-se as conclusões do estudo e propostas para trabalhos futuros.*

### 6.1 **Conclusões**

Neste documento, apresentou-se o conceito de navegação conceitual. A navegação conceitual utiliza recursos de Web Semântica e técnicas de sistemas de hipermídia abertos para propor uma forma de o usuário navegar na Web inserido em um contexto. Esse contexto é determinado pela ontologia utilizada. Assim, navega-se não apenas em documentos, mas também através dos relacionamentos entre conceitos encontrados nos documentos.

O processo de navegação tem início quando o usuário requisita uma página Web qualquer. O documento solicitado é analisado por um serviço de marcação que identifica conceitos de uma ontologia e insere *links* conceituais nos conceitos encontrados, antes de exibir o documento para o usuário. A partir desses *links* conceituais, o usuário pode navegar por outros conceitos de uma ontologia até outros documentos relacionados a esses conceitos. Um índice semântico indexa os documentos relacionando-os aos conceitos de uma ontologia.

Em seguida, descreveu-se a arquitetura do NavCon para navegação conceitual. Essa arquitetura faz a inserção de *links* conceituais em páginas Web por meio de um *proxy*. O NavCon oferece recursos para a inserção automática dos *links* conceituais e para navegação pela rede de conceitos das ontologias por meio de um grafo. O recurso de navegação pela ontologia possibilita a visualização dos relacionamentos entre os conceitos. A partir de um conceito selecionado, o sistema aciona consultas a um índice semântico e exibe os resultados por meio de listas com *links* para documentos relacionados ao conceito.

Por fim, fez-se um estudo comparativo do NavCon com ferramentas que utilizam metadados para recuperar documentos e com ferramentas que usam princípios de Web Semântica para navegar pela Web.

Na comparação com ferramentas que utilizam metadados para recuperar documentos, o uso de ontologias pelo NavCon mostrou-se vantajoso em relação à recuperação de documentos por meio de palavras ou *tags*, pois ontologias explicitam um conjunto de conceitos cuja semântica foi estabelecida consensualmente. O uso da interpretação única fornecida por uma ontologia possibilita uma melhor identificação dos relacionamentos entre os documentos. O fato de haver uma compreensão consensual e explicitada por uma ontologia contribui para a definição de um contexto.

Analisando-se ferramentas de navegação que usam recursos de Web Semântica, é fácil verificar que algumas apresentam recursos de inclusão de *links*, encontrados em sistemas de hipermídia abertos, enquanto outras apresentam recursos para navegação por uma ontologia ou ainda recursos para recuperar documentos Web usando ontologias. O NavCon diferencia-se das demais ferramentas citadas, pois apresenta todas essas características, propondo uma navegação que integra a inclusão de *links* dinâmicos, com a navegação por ontologias e por documentos Web a partir dessas ontologias.

A proposta de navegação conceitual e a arquitetura apresentadas oferecem a vantagem de possuir uma semântica estabelecida consensualmente e explícita em uma ontologia, auxiliando na identificação de relacionamentos entre documentos. O estabelecimento de uma semântica explícita fornece um contexto em que o usuário irá navegar. A existência de um contexto facilita a recuperação de informação e possibilita que o usuário mantenha o foco na tarefa que deseja realizar.

## 6.2 Trabalhos futuros

Em trabalhos posteriores, pretende-se evoluir algumas das funcionalidades já encontradas na ferramenta. O algoritmo de identificação de conceitos na página Web precisa ser trabalhado



para possibilitar a identificação de conceitos com mais de dois termos. A definição de contextos com mais de uma ontologia precisa ser desenvolvida de forma que o NavCon possa identificar corretamente a qual ontologia pertence o conceito. É interessante elaborar uma forma de apresentar opções ao usuário quando um mesmo conceito for localizado em mais de uma ontologia. Outra proposta consiste em possibilitar que um usuário selecione as ontologias e crie seu contexto individual sem que essa definição fique a cargo de um administrador do sistema.

O presente estudo limitou-se a analisar a aplicação da arquitetura para navegação conceitual em um ambiente restrito de uma intranet em uma empresa. Em ambientes mais amplos, como a própria internet, o esforço de construção de um índice semântico e de ontologias que deem suporte à navegação torna-se bastante elevado. É interessante pesquisar como a navegação e a arquitetura propostas nesta dissertação podem ser aplicadas em um ambiente tão amplo quanto à internet.

Sugere-se o uso da arquitetura apresentada como uma ferramenta para gestão do conhecimento. Em ambientes empresariais, ontologias podem organizar o conhecimento corporativo, enquanto o NavCon pode atuar como um recurso para a obtenção desse conhecimento pelos usuários.

## *Referências Bibliográficas*

- [Alesso e Smith 2008]ALESSO, P. H.; SMITH, C. F. *Thinking on the Web: Berners-Lee, Godel and Turing*. New York, NY, USA: Wiley-Interscience, 2008. ISBN 0471768669.
- [Antoniou e van Harmelen 2004]ANTONIOU, G.; van Harmelen, F. *A Semantic Web Primer*. Londres, Inglaterra: MIT Press, 2004. ISBN 0262012103.
- [Benta, Rarau e Cremene 2007]BENTA, K.-I.; RARAU, A.; CREMENE, M. Ontology based affective context representation. In: *EATIS '07: Proceedings of the 2007 Euro American conference on Telematics and information systems*. Faro, Portugal: ACM, 2007. p. 1–9. ISBN 978-1-59593-598-4.
- [Berners-Lee et al. 2006]BERNERS-LEE, T. et al. Tabulator: Exploring and analyzing linked data on the semantic web. In: *SWUI '06: Proceedings of the 3rd International Semantic Web User Interaction Workshop*. Athens, Georgia, USA: [s.n.], 2006.
- [Berners-Lee, Hendler e Lassila 2001]BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. *Scientific American*, v. 284, n. 5, p. 34–43, 2001.
- [Bizer e Gauss 2007]BIZER, C.; GAUSS, T. *Disco - Hyperdata Browser*. 2007. Disponível em: <<http://www4.wiwiss.fu-berlin.de/bizer/ng4j/disco/>>. Acesso em: 20 de jun. 2009.
- [Breitman 2005]BREITMAN, K. K. *Web semântica: a internet do futuro*. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 199 p. ISBN 85-216-1466-7.
- [Brézillon 1999]BRÉZILLON, P. Context in problem solving: a survey. *Knowl. Eng. Rev.*, Cambridge University Press, Nova York, NY, EUA, v. 14, n. 1, p. 47–80, 1999. ISSN 0269-8889.
- [Brown, Bovey e Chen 1997]BROWN, P. J.; BOVEY, J. D.; CHEN, X. Context-aware applications: from the laboratory to the marketplace. *Personal Communications, IEEE*, v. 4, n. 5, p. 58–64, 1997.
- [Carr et al. 2001]CARR, L. et al. Conceptual linking: ontology-based open hypermedia. In: *WWW '01: Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web*. Hong Kong, China: ACM, 2001. p. 334–342. ISBN 1-58113-348-0.
- [Carr et al. 1995]CARR, L. A. et al. The distributed link service: A tool for publishers, authors and readers. In: *Proceedings of the Fourth International World Wide Web Conference*. Boston, Massachusetts, EUA: O'Reilly & Associates, 1995. p. 647–656.
- [Carr et al. 1998]CARR, L. A. et al. Implementing an open link service for the world wide web. *World Wide Web Journal*, v. 1, n. 2, p. 61–71, 1998.
- [Clarke e Cooper 2000]CLARKE, P.; COOPER, M. Knowledge management and collaboration. In: *PAKM 2000: Proceedings of the Third International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management*. Basel, Suíça: U.Reimer, 2000. p. 30–31.

- [Crampes e Ranwez 2000]CRAMPES, M.; RANWEZ, S. Ontology-supported and ontology-driven conceptual navigation on the world wide web. In: *HYPERTEXT '00: Proceedings of the eleventh ACM on Hypertext and hypermedia*. San Antonio, Texas, EUA: ACM, 2000. p. 191–199. ISBN 1-58113-227-1.
- [Davenport, Prusak e Prusak 1997]DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L.; PRUSAK, L. *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Boston, MA, EUA: Harvard Business School Press, 1997. ISBN 0875846556.
- [Davies, Fensel e van Harmelen 2003]DAVIES, J.; FENSEL, D.; van Harmelen, F. (Ed.). *Towards the Semantic Web: Ontology-driven Knowledge Management*. Nova York, NY, EUA: John Wiley & Sons, Inc., 2003. ISBN 0470858060.
- [Davies et al. 2005]DAVIES, J. et al. Next generation knowledge management. *BT Technology Journal*, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, EUA, v. 23, n. 3, p. 175–190, 2005. ISSN 1358-3948.
- [Davis et al. 1992]DAVIS, H. C. et al. Towards an integrated information environment with open hypermedia systems. In: *ECHT '92: Proceedings of the Fourth ACM Conference on Hypertext*. Milão, Itália: ACM, 1992. p. 181–190.
- [Deerwester et al. 1990]DEERWESTER, S. et al. Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, v. 41, p. 391–407, 1990.
- [Dey 2001]DEY, A. K. Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Comput.*, Springer-Verlag, Londres, Inglaterra, v. 5, n. 1, p. 4–7, 2001. ISSN 1617-4909.
- [Domingue e Dzbor 2004]DOMINGUE, J.; DZBOR, M. Magpie: supporting browsing and navigation on the semantic web. In: *IUI '04: Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interfaces*. [S.l.]: ACM, 2004. p. 191–197. ISBN 1-58113-815-6.
- [Fahley e Prusak 1998]FAHLEY, L.; PRUSAK, L. The eleven deadliest sins of knowledge management. *California Management Review*, v. 40, n. 3, p. 265–276, 1998.
- [Ferrara et al. 2006]FERRARA, A. et al. A semantic web ontology for context-based classification and retrieval of music resources. *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, ACM, Nova York, NY, EUA, v. 2, n. 3, p. 177–198, 2006. ISSN 1551-6857.
- [Fonseca 2002]Fonseca, J. N. da. *Um modelo de indexação semântica para intranet*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Brazil, 2002.
- [Griesi, Pazienza e Stellato 2007]GRIESI, D.; PAZIENZA, M. T.; STELLATO, A. Semantic turkey: A semantic bookmarking tool (system description). In: *ESWC '07: Proceedings of the 4th European conference on The Semantic Web*. Innsbruck, Austria: Springer-Verlag, 2007. p. 779–788. ISBN 978-3-540-72666-1.
- [Groth e Lannerö 2006]GROTH, K.; LANNERÖ, P. Context browser: ontology based navigation in information spaces. In: *IliX: Proceedings of the 1st international conference on Information interaction in context*. Copenhagen, Dinamarca: ACM, 2006. p. 75–78. ISBN 1-59593-482-0.

- [Gruber 1993]GRUBER, T. R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In: GUARINO, N.; POLI, R. (Ed.). *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*. Deventer, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [Guarino 1998]GUARINO, N. Formal ontology and information systems. In: . [S.l.]: IOS Press, 1998. p. 3–15.
- [Haase 2004]HAASE, K. Context for semantic metadata. In: *MULTIMEDIA '04: Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*. Nova York, NY, EUA: ACM, 2004. p. 204–211. ISBN 1-58113-893-8.
- [Harvey, Palmer e Speier 1997]HARVEY, M. G.; PALMER, J.; SPEIER, C. Intranets and organizational learning. In: *SIGCPR '97: Proceedings of the 1997 ACM SIGCPR conference on Computer personnel research*. San Francisco, California, EUA: ACM, 1997. p. 110–116. ISBN 0-89791-904-1.
- [Hassan-Montero e Herrero-Solana 2006]HASSAN-MONTERO, Y.; HERRERO-SOLANA, V. Improving tag-clouds as visual information retrieval interfaces. In: *InScit2006: International Conference on Multidisciplinary Information Sciences and Technologies*. Mérida, Spain: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://www.instac.es/inscit2006/papers/pdf/165.pdf>>. Acesso em: 27 de mai. 2008.
- [Hong, Chiu e Shen 2005]HONG, D.; CHIU, D. K. W.; SHEN, V. Y. Requirements elicitation for the design of context-aware applications in a ubiquitous environment. In: *ICEC '05: Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce*. Nova York, NY, EUA: ACM, 2005. p. 590–596. ISBN 1-59593-112-0.
- [Hubert 2001]HUBERT, C. Best practices and approaches for using it to support km. In: *Proceedings of Knowledge Conference Technologies*. Austin, EUA: [s.n.], 2001. ISBN 978-1-59593-803-9. Disponível em: <<http://www.knowledgetechnologies.net/2001/proceedings/management.asp>>. Acesso em: 07 de mar. 2007.
- [Janik e Kochut 2008]JANIK, M.; KOCHUT, K. Training-less ontology-based text categorization. In: *ECIR Workshop on Exploiting Semantic Annotations in Information Retrieval(ESAIR'08)*. Glasgow, Inglaterra: [s.n.], 2008. p. 3–17.
- [Kraft, Maghoul e Chang 2005]KRAFT, R.; MAGHOUL, F.; CHANG, C. C. Y!q: contextual search at the point of inspiration. In: *CIKM '05: Proceedings of the 14th ACM international conference on Information and knowledge management*. [S.l.]: ACM, 2005. p. 816–823. ISBN 1-59593-140-6.
- [Mathes 2004]MATHES, A. *Folksonomies - Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata*. 2004. Disponível em: <<http://www.adammathes.com/academic/computer-mediated-communication/folksonomies.html>>. Acesso em: 20 de jun. 2009.
- [Mihalcea e Csomai 2007]MIHALCEA, R.; CSOMAI, A. Wikify!: linking documents to encyclopedic knowledge. In: *CIKM '07: Proceedings of the sixteenth ACM conference on Conference on information and knowledge management*. [S.l.]: ACM, 2007. p. 233–242. ISBN 978-1-59593-803-9.

- [Noy e McGuinness 2001]NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Technical Report. Stanford University, 2001.
- [Nunes, Santoro e Borges 2007]NUNES, V. T.; SANTORO, F. M.; BORGES, M. R. Um modelo para gestão de conhecimento baseada em contexto. In: *Anais do XXVII Congresso da SBC*. Rio de Janeiro, RJ: SBC, 2007. p. 1841–1854.
- [Pandit e Olston 2007]PANDIT, S.; OLSTON, C. Navigationaided retrieval. In: *WWW '07: Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web*. Nova York, NY, EUA: ACM, 2007. p. 391–400. ISBN 978-1-59593-654-7.
- [Pascoe 1998]PASCOE, J. Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In: *Proceedings of the 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*. Pittsburgh, EUA: IEEE Computer Society, 1998. p. 92–99.
- [Ryan, Pascoe e Morse 1998]RYAN, N. S.; PASCOE, J.; MORSE, D. R. Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant. In: GAFFNEY, V.; van Leusen, M.; EXXON, S. (Ed.). *Computer Applications in Archaeology 1997*. Oxford, Inglaterra: Tempus Reparatum, 1998. (British Archaeological Reports). Disponível em: <<http://www.cs.kent.ac.uk/pubs/1998/616>>. Acesso em: 31 de mar. 2008.
- [Schilit, Adams e Want 1994]SCHILIT, B.; ADAMS, N.; WANT, R. Context-aware computing applications. In: *Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. Washington, DC, EUA: IEEE Computer Society, 1994. p. 85–90.
- [Shadbolt, Berners-Lee e Hall 2006]SHADBOLT, N.; BERNERS-LEE, T.; HALL, W. The semantic web revisited. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE Educational Activities Department, Piscataway, NJ, EUA, v. 21, n. 3, p. 96–101, 2006. ISSN 1541-1672.
- [Sieg, Mobasher e Burke 2007]SIEG, A.; MOBASHER, B.; BURKE, R. Web search personalization with ontological user profiles. In: *CIKM '07: Proceedings of the sixteenth ACM conference on Conference on information and knowledge management*. [S.l.]: ACM, 2007. p. 525–534. ISBN 978-1-59593-803-9.
- [Strang, Linnhoff-Popien e Frank 2003]STRANG, T.; LINNHOF-POPIEN, C.; FRANK, K. CoOL: A Context Ontology Language to enable Contextual Interoperability. In: STEFANI, J.-B.; DAMEURE, I.; HAGIMONT, D. (Ed.). *LNCS 2893: Proceedings of 4th IFIP WG 6.1 International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems (DAIS2003)*. Paris, França: Springer Verlag, 2003. (Lecture Notes in Computer Science (LNCS), v. 2893), p. 236–247.
- [Sure e Studen 2003]SURE, Y.; STUDEN, R. A methodology for ontology-based knowledge management. In: DAVIES, J.; FENSEL, D.; van Harmelen, F. (Ed.). *Towards the Semantic Web*. Nova York, NY, EUA: John Wiley & Sons, 2003. p. 33–46.
- [Swartz 2002]SWARTZ, A. *The Semantic Web In Breadth*. May 2002. Disponível em: <<http://logicerror.com/semanticWeb-long>>. Acesso em: 20 de mai. 2008.
- [Tudhope e Cunliffe 1994]TUDHOPE, D.; CUNLIFFE, D. Semantically indexed hypermedia: linking information disciplines. *ACM Comput. Surv.*, ACM, Nova York, NY, EUA, p. 4, 1994. ISSN 0360-0300.

- [Vasconcelos 2003]VASCONCELOS, K. de F. *OntoEditor: Um editor para manipular ontologias na Web*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Campina Grande, Janeiro 2003.
- [Wang et al. 2004]WANG, X. H. et al. Ontology based context modeling and reasoning using owl. In: *In: IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication (PerCom'04)*. Orlando, Florida, EUA: IEEE Computer Society, 2004. p. 18–22.
- [Weal et al. 2001]WEAL, M. J. et al. Open hypermedia as a navigational interface to ontological information spaces. In: *Proceedings of the Twelfth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*. Århus, Dinamarca: ACM Press, 2001. p. 227–236.
- [Wu, Zhang e Yu 2006]WU, X.; ZHANG, L.; YU, Y. Exploring social annotations for the semantic web. In: *WWW '06: Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web*. Edinburgh, Escócia: ACM, 2006. p. 417–426. ISBN 1-59593-323-9.
- [Yesilada, Bechhofer e Horan 2007]YESILADA, Y.; BECHHOFFER, S.; HORAN, B. *COHSE: Dynamic Linking of Web Resources*. Technical Report. Sun Microsystems Laboratories, 2007.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)