

Especificação e Geração Automática de Navegadores para Redes Semânticas baseados em Interfaces Web

Miguel Domingues¹, José Carlos Ramalho²

¹ Universidade do Minho, Mestrado em Informática
{migaldo}@netcabo.pt

² Universidade do Minho, Departamento de Informática
{jcr}@di.uminho.pt

Resumo. Os Topic Maps são um conjunto de standards que resultam da investigação contemporânea numa nova área – “Web Semântica”. A premissa deste trabalho foi investigar a teoria subjacente à norma ISO/IEC 13250, mais conhecida por Topic Maps, e propor uma arquitectura aplicacional para o desenvolvimento de um navegador Web de Topic Maps, dinamicamente sustentado por um modelo relacional de dados e especialmente concebido para o armazenamento de documentos Xml Topic Maps (XTM), o standard mais difundido da família. O estudo da norma, a apresentação e discussão das questões estruturais mais importantes, e a concepção de uma framework de Topic Maps que alicerce o desenvolvimento de aplicações baseadas no paradigma, constituem simultaneamente o objectivo e o resultado final deste trabalho.

1 Introdução

Em pleno século XX, entre muitas das inovações tecnológicas, assistimos ao nascimento da Internet (1969-1983). Desde a Revolução Industrial, por volta da segunda metade do século XVIII, que a humanidade não dava um passo tão grande rumo ao futuro. A Internet e a rápida divulgação dos seus principais serviços originava uma cadeia de acontecimentos tecnológicos sem precedentes que contribuiu para o desenvolvimento da “Sociedade de Informação”. O resultado de uma acção continuada (1989-1996) de proliferação de conteúdos, de forma desmesurada e sem qualquer planeamento de médio ou longo prazo, deu origem ao principal serviço da Internet que hoje se conhece por World Wide Web (WWW).

Nos últimos vinte anos, esta tecnologia permitiu-nos partilhar activa e globalmente um conjunto de informação anteriormente auto-contida em distintos domínios culturais e sociais. Se até então éramos prejudicados pela escassez de recursos ou pela sua reduzida divulgação, hoje enfrentamos o problema do excesso de informação (infoglut). Nesta sequência histórica, a dispersão dos serviços de internet e a ausência de mecanismos de regulamentação universais, justificaram a criação de organizações responsáveis pela normalização do sector. Em 1994, foi fundado o World Wide Web

Consortium (W3C)¹ como o responsável máximo pela recomendação dos standards necessários à regularização da informação na Web. Organizações como esta começaram a discutir os problemas emergentes e apresentaram as primeiras recomendações para o restabelecimento de uma estrutura de conhecimento organizada baseada nos conteúdos da Web.

No contexto desta temática contemporânea denominada de “Web Semântica”, nos finais da década de 90 foi publicada a norma ISO/IEC 13250, mais conhecida por Topic Maps, como uma eventual solução para o problema da ausência de meta-informação na Web. O termo Topic Maps é a designação de um paradigma de unificação de conhecimento e informação, especialmente concebido para descrever estruturas com relações complexas e não lineares. Um topic map corresponde à substanciação de uma ontologia em elementos concretos de informação. O conceito aparece na International Organization for Standardization (ISO) por volta de 1998. Muitas vezes referidos como o sistema GPS de informação do futuro, prometem revolucionar a navegação e a pesquisa de informação digital, oferecendo outro ponto de partida válido para a construção de ferramentas baseadas em modelos de conhecimento e gestão de informação semântica.

O estudo meramente teórico de uma norma como os Topic Maps pode revelar-se incompleto se não tivermos à nossa disposição uma aplicação capaz de demonstrar as suas reais potencialidades e que nos permita por à prova a sua aplicação prática com exemplos concretos. O desafio deste trabalho começou precisamente aqui, com a pretensão de contribuir para a utilização mais expressiva desta norma ao nível do desenvolvimento aplicacional, porque acreditamos que mais importante do que criar uma excelente norma é conseguir difundir a sua aplicação por toda a comunidade envolvente. Com base neste princípio, desenvolvemos a teoria de que seria possível ajudar os produtores e os consumidores de topic maps a compreenderem melhor o paradigma através da utilização de um navegador Web de Topic Maps, com interfaces textuais simples e objectivas.

2 O Paradigma Topic Maps

Desde há muito tempo que o homem tenta organizar o conhecimento. O livro, um dos mais antigos elementos da nossa cultura, tem-nos permitido partilhar e transportar o conhecimento da sociedade ao longo dos séculos. O livro é constituído por um índice e um conjunto de capítulos que estruturam o conhecimento transmitido pelos seus autores. O índice é um mapa de informação que, para cada item relevante, nos indica a página e o capítulo onde podemos ler mais acerca do mesmo assunto. É dos primeiros e mais básicos sistemas de indexação de informação que, na sua forma mais

¹ Por esta altura, organizações com objectivos semelhantes noutros sectores já haviam sido fundadas: International Organization for Standardization (1947). Tim Berners-Lee foi o primeiro Director da W3C e ainda hoje é considerado o inventor da World Wide Web.

complexa e evoluída, apresenta conceitos mais ricos como os índices remissivos, os glossários e os thesauri.

Como resultado da evolução cultural e tecnológica, os livros adquiriram uma nova dimensão enriquecendo o seu próprio significado. Um livro é também hoje um espaço de informação digital, como o conjunto de documentos que circulam diariamente na nossa empresa ou, num caso mais geral, a Internet a que todos temos acesso. Mas se por um lado o seu significado se tornou mais abrangente, por outro a transposição das suas características essenciais para os novos significantes está ainda em desenvolvimento. Esta versão moderna carece de algumas das propriedades fundamentais do seu irmão mais velho. Senão vejamos, onde estão os tais índices e glossários? Em resposta a esta questão, os Topic Maps [1] surgem como um mecanismo inovador que materializa a extensão e aplicação dos conceitos subjacentes ao índice remissivo de um livro a um novo domínio de dados, com o objectivo de agilizar a pesquisa e a navegação sobre recursos de informação digital [2]. Neste novo âmbito, o índice é o mapa que elicit o conhecimento sob a forma de uma lista de tópicos, que estão relacionados entre si através de associações, e que indica as ocorrências dos mesmos ao longo de um espaço de informação. Estes três conceitos, simples e concisos, são o centro do paradigma - Tópicos, Associações e Ocorrências. Portanto, sem sabermos, já utilizávamos topic maps desde há muito tempo.

Os Topic Maps podem desempenhar um papel importante, não só ao permitir reunir recursos de informação dispersos e não normalizados num mapa de conhecimento, mas, e sobretudo, ao permitir a cada um dos potenciais receptores da informação encontrar com relativa facilidade os dados factuais mais relevantes, abstraindo-os com precisão de um imenso repositório de recursos. Os topic maps são um dos caminhos a percorrer para a gestão e construção de conhecimento [3] e, tal como o livro, o objectivo continua a ser o mesmo, resolver problemas de gestão de conhecimento.

Nesta área, tradicionalmente confinada aos domínios da inteligência artificial, por exemplo com as redes semânticas, os Topic Maps apresentam-se como uma alternativa que facilita e potencia o desenvolvimento de ferramentas de gestão de conhecimento, mas com mais vantagens comparativamente, na medida em que envolvem no mesmo modelo aquilo que antes existia em modelos separados: o conhecimento e a informação. Essa ponte é conseguida através do conceito de "ocorrência". A título de exemplo, e no contexto de uma empresa, poderíamos considerar que entidades como os produtos, as pessoas e os departamentos podem ser representados como tópicos; as relações entre as entidades podem ser representadas como associações; e, finalmente, os documentos, as normas internas e todos os recursos de informação que se possam imaginar, podem ser representados por ocorrências de tópicos. A simplicidade destes termos - Tópicos, Associações e Ocorrências, aliada à flexibilidade do modelo, conferem aos Topic Maps uma vantagem competitiva na sua utilização como um tecnologia para o futuro. A informação torna-se pesquisável atribuindo aos conceitos uma identidade própria a partir da qual se constroem caminhos múltiplos e redundantes de navegação sobre o

espaço multidimensional de informação. Os caminhos são semânticos e todos os cruzamentos intermédios são claramente identificados com nomes e tipos que nos permitem saber, em qualquer ponto de intersecção, onde estamos e para onde podemos ir – “*you always know where you are and where do you want to go ... today*”. Como é uma camada independente dos dados, é um mecanismo facilmente escalável que adiciona níveis de significados distintos a documentos estruturados ou não estruturados.

A aplicação dos topic maps é muito vasta, desde a criação de índices documentais, tabelas virtuais de conteúdos, sistemas de navegação inteligentes e *knowledge-bases*. Estas características permitem-nos observar os Topic Maps como uma tecnologia com potencial suficiente para revolucionar a forma como navegamos pela informação, como a pesquisamos, como a partilhamos, como a exportamos e como inferimos conhecimento do meta-conhecimento. Estamos perante um standard especialmente concebido para descrever qualquer tipo de relacionamento complexo entre quaisquer entidades conceptuais.

3 Arquitectura Aplicacional

Ao pensar na arquitectura ousámos estabelecer um conjunto de objectivos ambiciosos, assumindo desde o início o risco de não sermos bem sucedidos. Mais do que criar uma simples aplicação, propusemo-nos desenvolver uma framework genérica que potenciase a concepção de outras ferramentas de gestão e visualização de Topic Maps, para além do próprio navegador Web. Esta infra-estrutura, que dará origem a uma framework aplicacional actual, deverá servir o propósito de demonstrador do paradigma Topic Maps, revelando de uma forma mais prática o seu verdadeiro potencial, por exemplo com a exploração de exemplos online, onde a comunidade possa descobrir rapidamente as vantagens de utilizar esta tecnologia.

Actualmente, existem alguns clientes de topic maps com os quais poderíamos estabelecer uma comparação com base nas características de visualização, no desempenho, na interactividade e facilidade de utilização, na capacidade de actualização de dados, na interoperabilidade aplicacional, no custo, nos pontos de extensão, etc... Por estranho que possa parecer, as soluções² para a Web não são assim tantas e destas resolvemos salientar o melhor de dois mundos: Ulisses [4] e Ontopia Omnigator [5].

O Ulisses é uma ferramenta não comercial e Open-source desenvolvida por um grupo de investigação³ do Departamento de Informática da Universidade do Minho. Na prática, é um compilador que gera um conjunto de páginas HTML a partir de um topic map em formato XTM, aplicando-lhe transformações XSLT. A geração deve ser repetida sempre que o topic map fonte sofrer alterações. É um processo

² Outras soluções: <http://www.topicmap.com/topicmap/tools.html>

³ Homepage: <http://www.di.uminho.pt/gepl>

assíncrono, manual e pouco eficiente, contudo não é um aspecto muito importante a ter em conta quando esta operação ocorre raras vezes. A solução final é um Site completamente estático que pode ser consultado com um browser Web cliente. O desempenho da navegação é obviamente excepcional. Apesar das vantagens mencionadas, este gerador de navegadores conceptuais apresenta uma desvantagem considerável: os navegadores gerados são estáticos, situação que não é a mais adequada para cenários em que o topic map ou mesmo os recursos de informação possam estar em constante alteração.

O Omnigator⁴ é uma ferramenta comercial, de código proprietário, desenvolvida pela empresa Ontopia. Embora o licenciamento seja Freeware, está fortemente dependente de outros blocos funcionais que compõem um pacote ainda maior – Ontopia Knowledge Suite (OKS) [6], este sim, um produto Shareware. Esta aplicação, depois de carregar um topic map em formato XTM, permite navegar sobre ele através de um Web browser. Na prática, é um interpretador que dinamicamente gera as páginas de navegação a partir de um conjunto de templates HTML. O que começou por ser um projecto de demonstração das potencialidades dos topic maps, rapidamente se tornou num produto de carácter comercial, extremamente completo e eficiente. É uma solução óptima para cenários de constante re-alimentação dos topic maps, contudo é parte constituinte de uma framework fechada e comercial – Ontopia Navigator Framework.

Na nossa opinião, um conceito tão recente e promissor como o dos topic maps teria de ser apoiado com outras soluções, mais completas e mais abertas, que realmente pudessem potenciar a criação de aplicações futuras baseadas nesta tecnologia. A partir da observação do melhor de dois mundos, esta foi a principal razão pela qual decidimos criar uma arquitectura de topic maps como uma framework aberta, desprovida de carácter comercial, e, por outro lado, com as principais mais-valias funcionais de cada um. Em suma, e da observação das soluções apresentadas, retiramos alguns aspectos importantes que incorporamos na nossa arquitectura como objectivos:

- Adoptar uma arquitectura de 3 camadas com um navegador Web de topic maps (Topic Maps Web Navigator) dinamicamente apoiado por um modelo relacional de dados especialmente concebido para o armazenamento de documentos Xml Topic Maps (XTM), o standard mais difundido da família;
- Implementar uma interface aplicacional (Topic Maps API) capaz de potenciar o desenvolvimento de outras aplicações baseadas neste paradigma, para além do próprio navegador, e que permita aos níveis superiores da arquitectura (Clientes) interagir com o modelo de dados através de uma abstracção “Orientada a Objectos” proporcionando o máximo de interoperabilidade;

⁴ Homepage: <http://www.ontopia.net/omnigator>

- Criar um modelo relacional de dados (Topic Maps Relational Data Model) para topic maps que demonstre a sua aplicabilidade generalizada no âmbito de outras aplicações;

Nem sempre é fácil cumprir estes requisitos completamente, mas estas foram hipóteses colocadas à partida que poderiam muito bem constituir as métricas de qualidade deste projecto.

4 Modelo de Dados

O desenho de um modelo relacional parte da análise de uma descrição contextual para identificar as entidades, os relacionamentos e os atributos. O aspecto que está aqui em discussão é a referência inicial a partir da qual vamos iniciar a análise. No caso dos Topic Maps, já existem um conjunto de representações formais que nos podem encurtar o processo de transposição, como por exemplo o *xm1.dtd* da norma XTM 1.0 [7], que é um *Document Type Definition* de validação. Este documento é suficientemente formal e sintético para ser utilizado como ponto de partida da análise e, por outro lado, também são conhecidas algumas regras para o mapeamento de DTDs em modelos relacionais de dados [8]. Por estas razões, o documento *xm1.dtd* será utilizado como referência no desenho do modelo relacional de dados dos Topic Maps.

Para facilitar a sua interpretação construímos um quadro que nos ajuda a visualizar a relação entre os vários elementos e que estabelece o ponto de partida do nosso processo de análise:

topicMap	topic *	instanceOf *	(topicRef subjectIndicatorRef)			
		subjectIdentity ?	resourceRef ?			
			(topicRef subjectIndicatorRef) *			
		baseName *	scope ?	(topicRef subjectIndicatorRef resourceRef) +		
			baseNameString			
			variant *	parameters	(topicRef subjectIndicatorRef) +	
				variantName ?	(resourceRef resourceData)	
		variant * (recursive)				
		ocurrence *	instanceOf ?	(topicRef subjectIndicatorRef)		
			scope ?	(topicRef subjectIndicatorRef resourceRef) +		
	(resourceRef resourceData)					
	association *	instanceOf ?	(topicRef subjectIndicatorRef)			
		scope ?	(topicRef subjectIndicatorRef resourceRef) +			
		member +	roleSpec ?	(topicRef subjectIndicatorRef)		
			(topicRef subjectIndicatorRef resourceRef) *			
mergeMap *	(topicRef subjectIndicatorRef resourceRef) *					

R - Relationship: R - Mandatory Single, R+ - Mandatory Repeatable, R? - Optional Single, R* - Optional Repeatable

Figura 1. xtm1.dtd – Quadro de Elementos

Uma observação mais atenta ao quadro de elementos revela que os extremos ou folhas da árvore são sempre expressões do tipo:

(topicRef subjectIndicatorRef resourceRef)
(topicRef subjectIndicatorRef)
(resourceRef resourceData)
resourceRef
baseNameString

Figura 2. xtm1.dtd – Folhas da Árvore

A representação das folhas da árvore pode ser idêntica e depende apenas da natureza dos 5 tipos de elementos que as constituem: *topicRef*, *subjectIndicatorRef*, *resourceRef*, *resourceData*, *baseNameString*. Para guardar qualquer um destes elementos, e por conseguinte qualquer uma das expressões terminais da árvore, apenas são necessários três campos de dados: *id* – para guardar o identificador; *value* – para guardar o valor; *type* – para guardar o tipo do *value*. Com isto consigo representar qualquer valor de um determinado tipo. Exemplo:

Tabela de Valores

id	Type	value
“TR982”	“topicRef”	“#Universidade”
“SIR500”	“subjectIndicatorRef”	“http://www.uminho.pt”
“BNS32”	“baseNameString”	“Universidade do Minho”
“RD444”	“resourceData”	“A Universidade é ...”
“RR486”	“resourceRef”	“http://www.uminho.pt/alunos”

Os primeiros resultados desta análise abrem caminho para um processo de simplificação que consiste na substituição das expressões terminais pela tríade de atributos (*id*, *type*, *value*). A tríade de atributos (*id*, *type*, *value*) corresponde, no modelo conceptual de dados, a um atributo composto denominado *typedValue*, isto para não confundir o *id* do próprio elemento com o *id* da tríade. Para generalizar ainda mais o modelo, vamos considerar que os atributos *xml:base* e *xlink:href*, respectivamente dos elementos *topicMap* e *mergeMap*, também são representáveis por um *typedValue*.

Assim, a partir desta visão simplificada do DTD, é agora muito mais fácil e intuitivo desenhar o modelo conceptual de dados para os Topic Maps, aplicando as seguintes regras de transformação: criar uma nova entidade por cada elemento; agregar a cada entidade os atributos do elemento correspondente; criar relacionamentos entre as entidades de acordo com as definições e cardinalidades dos elementos correspondentes. Com a elicitação completa das entidades, dos relacionamentos e dos atributos obtém-se o seguinte modelo conceptual de dados:

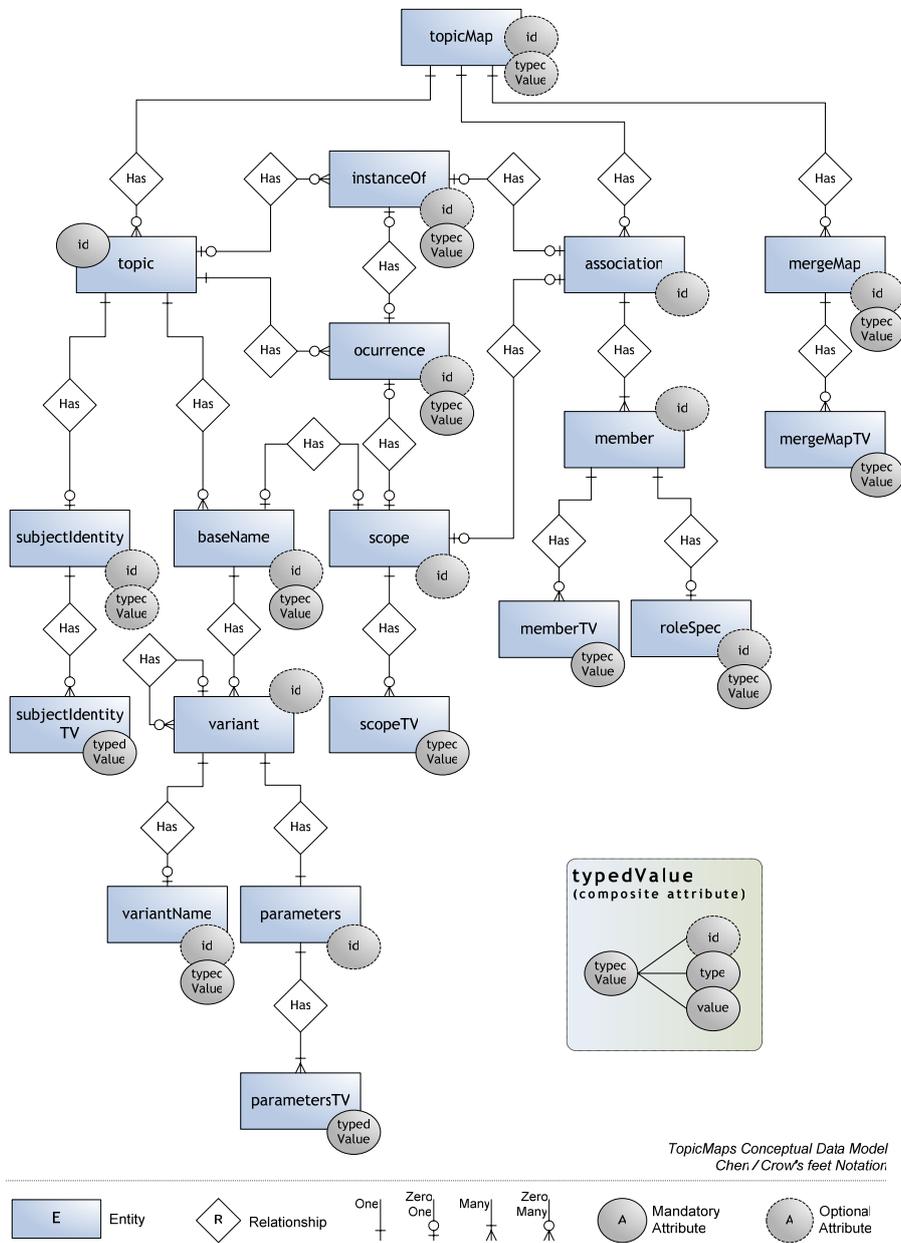


Figura 3. Modelo Conceptual de Datos

O modelo lógico é derivado directamente do modelo conceptual de acordo com a metodologia e as regras de mapeamento do *Entity-Relationship Model* para o *Relational Model* [9].

5 Visualização de Topic Maps

Os topic maps são a ponte entre os domínios da representação do conhecimento e da gestão de informação [10]. Os tópicos e as associações constituem uma rede de conhecimento que se sobrepõe aos recursos de informação e sobre a qual é possível navegar a um nível de abstração muito mais alto. Um topic map define um espaço multi-dimensional de conceitos, em que cada eixo pode representar uma linha de navegação. As camadas superiores podem ser formadas por milhares de tópicos e relações onde os utilizadores facilmente se podem perder.

Podemos comparar os utilizadores a turistas, os tópicos a locais de visita (monumentos, museus, restaurantes, etc) e o topic map à cidade que estão a visitar. O turista quer visitar todos os locais de referência da cidade, mas se, eventualmente durante o passeio, um determinado assunto lhe despertar maior interesse acabará por alterar o seu plano de visitas. Portanto, para que a visita seja bem sucedida o turista deverá conseguir identificar claramente os pontos de interesse e dispor de boas ligações de transporte entre todos eles, para nunca se perder e chegar ao fim da viagem satisfeito. Ainda assim, o turista pode sempre orientar a sua visita por um roteiro, ou deixar-se levar pela aventura da exploração não planeada. Esta parábola contém todos os elementos necessários à elaboração de um bom navegador de topic maps e as palavras-chave são: Turista, Cidade, Viagem, Transportes, Locais, Roteiros e Aventura.

Os requisitos a ter em especial atenção podem dividir-se em duas categorias principais – Representação e Navegação. Os requisitos de representação reúnem todas as características que permitem ao utilizador (Turista) identificar, com maior ou menor detalhe, a informação constante do topic map. Quando o utilizador inicia a navegação (Viagem) por um topic map (Cidade) necessita de uma vista global onde possa analisar a sua estrutura ontológica e consultar uma lista com os tópicos principais (Locais). Depois deve poder escolher um eixo (Roteiros) e partir para uma navegação orientada visitando todos os tópicos que lhe suscitem maior interesse. Cada tópico tem as suas próprias características, como o nome e as ocorrências, e tem também um conjunto de hiperligações (Transportes) para outros tópicos (Locais) relacionados, que poderá querer visitar por interesse ou mera curiosidade (Aventura). A navegação deve ser intuitiva e de fácil dedução, porque é através dela que vamos ajudar o utilizador a construir os seus próprios mapas cognitivos e aumentar a velocidade a que este apreende informação. É o conjunto de uma representação e navegação bem conseguidas que gera a sensação de satisfação ao fim da viagem.

Na sequência da metáfora utilizada, decidimos baptizar o nosso navegador de “*TopicMaps Discovery*” (TMD), porque nos permite descobrir a informação e o conhecimento presentes num topic map. O TMD é uma ferramenta *multi-TopicMap*, onde é possível a coexistência de vários topic maps, com uma navegação tipicamente orientada ao tópico. Para demonstrar o seu potencial, aproveitamos o exemplo do topic map da “Família do João e da Joana” conceptualizado na imagem seguinte:

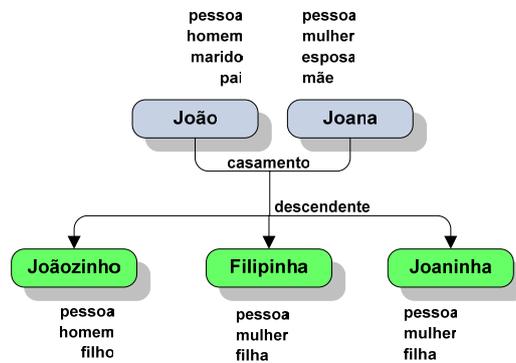


Figura 4. “A Família do João e da Joana”

A “Família do João e da Joana” aparece muito melhor caracterizada desde o momento em que introduzimos um conjunto de termos que classificam cada indivíduo. A esse conjunto de novos conceitos, que nos permitiram “enfeitar” a figura e enriquecê-la com mais informação, chamamos de Ontologia do Topic Map. Depois de seleccionar este topic map no nosso navegador podemos observar a respectiva Ontologia (“*Ontology Index*”):

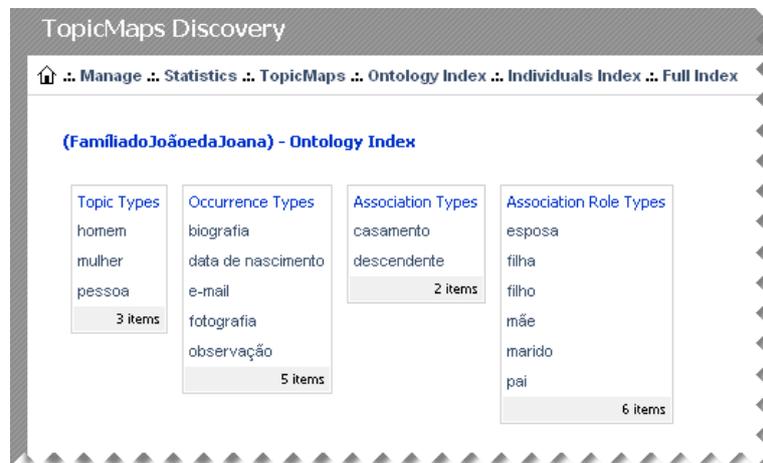


Figura 5. TMD – “Ontology Index”

A partir de qualquer das interfaces do TMD é possível seleccionar um dos tópicos e iniciar uma exploração mais pormenorizada. Por exemplo, na interface dos tópicos individuais (“*Individuals Index*”), se escolhêssemos o tópico “Joana” poderíamos visualizar as suas características tal como se pode observar na imagem seguinte:



Figura 6. TMD – "Topic"

Numa interpretação resumida da informação apresentada, podemos ver que o tópic "Joana" é uma "mulher" que nasceu a "4 de Março de 1970" no "Brasil", e o seu email é "joana@hotmail.com". A "Joana" tem um "marido", de nome "João", com o qual celebrou um "casamento". Para além disso, tem ainda três "descendentes" que são as "filhas" "Joaninha" e "Filipinha", e o "filho" "Joãozinho". Também podemos ver uma "fotografia" da "Joana" no endereço "http://(...)/joana.jpg".

Ao visualizar toda esta informação acerca da "Joana" poderíamos ser assaltados pela curiosidade de visitar outros tópicos como "mulher", "casamento", "marido", "João", "descendente", "filha", "Joaninha", "Filipinha", "filho", "Joãozinho", "biografia", "data de nascimento", "email" e "fotografia". Começamos então a ter a sensação de estar a percorrer os caminhos de uma rede de conhecimento, mas de forma intuitiva e organizada. Isto mostra-nos como é extremamente importante disponibilizar não só a informação detalhada do tópic, mas também a possibilidade de navegar directamente para os tópicos que formam a "Vizinhança de Informação". Esta é uma característica singular dos sistemas de navegação semântica, e são exemplos como este que demonstram inequivocamente o potencial da norma Topic Maps.

6 Conclusão

Em retrospectiva, os Topic Maps são uma família de standards, ainda em crescimento, que teve o seu início nos finais da década de 90, com a publicação da norma ISO/IEC 13250. Um topic map é um indexador ontológico que consiste no acoplamento de uma camada de meta-dados a um conjunto de recursos de informação dando origem a uma rede semântica de conhecimento. É um modelo poderoso e inteligente de representação de conhecimento para repositórios de informação continuamente crescentes, como por exemplo a Web. Tal como as ontologias, podem ser usados para acoplar informação conceptual e semântica aos documentos da Web, de modo a que estes se tornem mais úteis.

A partir do estudo inicial do paradigma e em especial da análise detalhada da norma mais difundida (XTM), propusemos uma arquitectura applicacional para a construção de um navegador Web de topic maps. Projectámos uma arquitectura modular, baseada em três camadas, que deu origem a uma *framework* aberta, extensível e tecnologicamente actual. Desenhámos um modelo relacional de dados, integralmente compatível com a norma XTM 1.0, que nos permitiu extrair apenas a informação relevante em determinado momento, optimizando as operações de consulta e actualização de dados com garantias de integridade e coerência. Sobre este modelo, desenvolvemos uma estrutura de objectos intermédia (Topic Maps API), independente do SGBD e especializada no processamento de operações de dados, para actuar como interface entre os clientes da camada de apresentação, como por exemplo o navegador Web, e o modelo relacional de dados. A camada intermédia foi especificada de forma a poder ser utilizada por outras aplicações, adaptando ou estendendo as suas funcionalidades, de modo a potenciar o desenvolvimento applicacional nesta área. Finalmente, construímos uma aplicação Web modelo capaz de gerar dinamicamente e em tempo real as páginas de navegação de um topic map, no contexto de um modelo Web cliente-servidor.

Na visualização dos topic maps o sucesso de qualquer ferramenta tem muito ver com os requisitos de “Representação” e de “Navegação”. Quanto ao nosso navegador já tínhamos decidido que seria uma ferramenta essencialmente textual, com uma navegação intuitiva, para ajudar os utilizadores a construir os seus próprios mapas cognitivos, e com uma representação muito objectiva capaz de mostrar com clareza os detalhes de cada elemento do topic map. Estes dois factores, quando bem conjugados, retribuem ao utilizador uma “satisfação” na atitude exploratória e intuitiva da descoberta de conhecimento. Na prática, é quando um utilizador está a “visitar” um determinado tópico e sente curiosidade em “visitar” outros tópicos que lhe são inteligentemente apresentados, que lhe damos a sensação de estar a “viajar” por uma rede de conhecimento bem organizada. A possibilidade de navegar directamente para a “vizinhança da informação” é uma característica própria dos sistemas de navegação semântica que rapidamente demonstram a potencialidade das redes de conhecimento como os topic maps.

Os topic maps pertencem à classe de objectos a que denominámos de “*Knowledge Webs*”, da qual também fazem parte os *conceptual maps* (mapas de conceitos), as *semantic networks* (redes semânticas), os *cluster maps*, os *mind maps*, os *circle diagrams* e os *flow charts* [11]. O conceito transversal a todos eles é o de que para além das ideias também é necessário integrar na mesma rede de conhecimento as relações existentes entre elas. É a articulação destes dois elementos que define um espaço semântico completo com formatos (texto, imagem, som, vídeo) e modelos (*semantic networks*, *topic maps*, etc.) plurais. As comunidades que se preocupam com estas matérias, inclusivé a comunidade dos Topic Maps, esperam que no futuro haja uma maior diversidade de modelos e formatos a par de uma utilização prática mais acentuada, de modo a tornar realidade o grande sonho da “*Semantic Web*”.

Num cenário mundial onde o problema de conectividade está praticamente resolvido, devemos reconhecer que o fenómeno do *infoglut* é o último e mais formidável inimigo do intercâmbio de conhecimento global (*global knowledge interchange*). O Paradigma dos topic maps é mais um passo em frente no caminho da troca de conhecimento global e certamente não será o último, mas para já é bastante significativo. Será a especificação do XTM completa e definitiva? Não, ainda existem muitos detalhes a rever, mas já é uma norma com valor suficiente para ser utilizada.

7 Referências e Bibliografia

- [1] L. M. Garshol, "What are Topic Maps?" Xml.Com: O'Reilly, 2002.
<http://www.xml.com/pub/a/2002/09/11/topicmaps.html>
- [2] S. Pepper, "The TAO of Topic Maps - Finding the way in the age of infoglut," Ontopia SA, 2002.
<http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tao.html>
- [3] E. Freese, "Using Topic Maps for the representation, management and discovery of knowledge." XML Europe 2000 Conference, Paris, France, 2000.
<http://www.gca.org/papers/xml europe2000/papers/s22-01.html>
- [4] G. R. Librelotto, J. C. Ramalho, and P. R. Henriques, "Ontology driven Web sites with Topic Maps." Ovied - Spain: The International Conference on Web Engineering, 2003.
<http://www.di.uminho.pt/gepl/IIpCS>
- [5] "Ontopia Omnigator," Ontopia SA, 2003.
<http://www.ontopia.net/omnigator>
- [6] "The Ontopia Knowledge Suite," Ontopia SA, 2003.
<http://www.ontopia.net/solutions/products.html>
- [7] S. Pepper and G. Moore, "XML Topic Maps (XTM) 1.0 - Annex D: XTM 1.0 Document Type Declaration (Normative)," TopicMaps.Org Specification, 2001.
<http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/#dtd>
- [8] R. Bourret, "Mapping DTDs to Databases." XML.com: O'Reilly, 2004.
<http://www.xml.com/pub/a/2001/05/09/dtdtodbs.html>
- [9] R. Ramakrishnan and J. Gehrke, Database Management Systems, 3rd Edition ed: McGraw-Hill, 2003.
- [10] J. Park and S. Hunting, XML Topic Maps - Creating and Using Topic Maps for the Web: Addison Wesley, 2002.

- [11] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila, "The Semantic Web." Scientific American, May 2001.
<http://www.sciam.com/2001/0501issue/0501berners-lee.html>
- [12] M. Biezunski, M. Bryan, and S. Newcomb, "ISO/IEC 13250:2000 Topic Maps." Geneva: ISO/IEC JTC 1/SC34, 2000.
<http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0129.pdf>
- [13] S. Pepper and G. Moore, "XML Topic Maps (XTM) 1.0," TopicMaps.Org Specification, 2001.
<http://www.topicmaps.org/xtm/1.0>
- [14] S. R. Newcomb, M. Biezunski, and M. Bryan, "Guide to the topic map standardization," ISO/IEC JTC1/SC34 - N323, 2002.
<http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0323.htm>
- [15] K. Ahmed, "Topic Maps - A Practical Introduction with Case Studies." XML Europe 2002 Conference, Paris, France, 2002.
<http://62.231.133.220/idea-eks-nav/papers/03-05-01/03-05-01.html>
- [16] "Ontopia.Net: Topic Mapping," Ontopia AS, 2004.
<http://www.ontopia.net/topicmaps>
- [17] H. H. Rath, "Topic Maps and The Ontological World," Empolis GmbH, 2001.
<http://www.empolis.com>, <http://onto2001.aifb.uni-karlsruhe.de/tm-talk-hhr.pdf>
- [18] H. H. Rath and S. Pepper, "Topic Maps: Introduction and Allegro," Ontopia SA, 1999.
<http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/allegro.pdf>
- [19] G. R. Librelotto, "XML Topic Maps: da Sintaxe à Semântica." PhD Thesis: Departamento de Informática, Universidade do Minho, 2005.
<http://wiki.di.uminho.pt/twiki/bin/view/Doutoramentos/SDDI2004>
- [20] C. F. Goldfarb and P. Prescod, "XML Handbook," 4th Edition ed: Prentice Hall, 2001.
- [21] W. R. Stanek, XML Pocket Consultant: Microsoft Press, 2002.