

Ulisses: Um Navegador Conceptual para Topic Maps

Giovani Rubert Librelotto*

Universidade do Minho, Departamento de Informática
Braga, Portugal, 4710-057
grl@di.uminho.pt

and

José Carlos Ramalho

Universidade do Minho, Departamento de Informática
Braga, Portugal, 4710-057
jcr@di.uminho.pt

and

Pedro Rangel Henriques

Universidade do Minho, Departamento de Informática
Braga, Portugal, 4710-057
prh@di.uminho.pt

Resumo

A norma ISO-IEC 13250 – *Topic Maps* – faz a ponte entre os domínios de representação de conhecimento e gestão de informação. Tópicos e associações formam uma rede semântica estruturada sobre os recursos de informação. Este artigo tem por objectivo a visualização eficiente desta camada semântica, a qual é um assunto crítico porque topic maps podem conter milhões de tópicos e associações. Este artigo é dividido em 3 partes. Primeiro, apresentam-se brevemente os conceitos de *Topic Maps*. Então, são revistas algumas técnicas de visualização de *Topic Maps*. Finalmente, é descrita a ferramenta de visualização desenvolvida e descrita a forma de ser utilizada – e aprimorada – para a visualização de *Topic Maps*.

Palavras chaves: Semantic Web, Topic Maps, Visualização de Topic Maps, Ontologia, Grafos.

Abstract

The ISO standard ISO-IEC 13250 – *Topic Maps* – provide a bridge between the domains of knowledge representation and information management. Topics and topic associations build a structured semantic link network above information resources. This research aims at visualizing this semantic layer efficiently, which is a critical issue as topic maps may contain millions of topics and associations. This paper has 3 parts. First, we depict briefly basic *Topic Maps* concepts. Then, we review a few topic map visualization techniques. Finally, we describe the visualization tool we developed and study how this tool may be used – and enhanced – for *Topic Maps* visualization.

Keywords: Semantic Web, Topic Maps, Topic Maps Visualization, Ontology, Graphs.

*Bolsista CNPq - Brasil

1 Introdução

Topic Maps [1] é um formalismo para representar conhecimento acerca da estrutura de um conjunto de recursos de informação e para o organizar em tópicos. Esses tópicos possuem ocorrências e associações que representam e definem relacionamentos entre os tópicos. A informação sobre os tópicos pode ser inferida ao examinar as associações e ocorrências ligadas ao tópico. Uma colecção desses tópicos e associações é designada *topic map*. *Topic Maps* pode ser visto como um paradigma que permite organizar, manter e navegar através da informação, permitindo transformá-la em conhecimento.

Tendo em vista que os *Topic Maps* são grafos compostos por tópicos (onde cada tópico representa um tema, identifica recursos e está associado com outros tópicos), o *Ulisses* foi imaginado e desenvolvido para providenciar navegadores estáticos que permitem percorrer estas redes de conceitos. Esses navegadores são compostos de páginas HTML que descrevem os tópicos e usam a ideia de hiper-ligações para implementar as associações e as ligações às ocorrências. A ideia de navegação conceptual reflecte a forma que a mente humana pensa: baseado em informações associadas. Por exemplo, quando se pensa no *Brasil*, automaticamente pode-se pensar:

- é um país que está situado na América do Sul (associação entre *país* e *continente*, no contexto *geografia*);
- possui mais de 170 milhões de habitantes (ocorrência do tipo *população*);
- é governado pelo presidente *Luís Inácio Lula da Silva* (associação entre *país* e *presidente*, no contexto *política*);
- é o actual campeão do mundo de futebol (associação entre *país* e *futebol*, no contexto *desporto*).

Assim, o que se pretende neste artigo é apresentar essa ferramenta para visualização de *Topic Maps* baseada em conceitos de navegação em grafos, chamada *Ulisses*. No contexto do *Metamorphosis*, o *Ulisses* possui a finalidade de criar interfaces web a partir dos *topic maps* gerados e validados pelos outros módulos desta arquitectura, respectivamente *Oveia* [10] e *XTche* (conforme apresentado na Figura 2).

Como se percebe do que foi dito acima, o *Ulisses* não se limita ao contexto do *Metamorphosis*; isto significa que ele possui a capacidade de gerar interfaces web para todo e qualquer *topic map*, que segue a sintaxe *XML Topic Maps* (XTM) ou que esteja armazenado no modelo relacional *BD Ontologia* [10].

Para ilustrar as ideias aqui introduzidas, esse artigo inicia apresentando ontologias e a norma *Topic Maps* na Secção 2. A Secção 3 apresenta o *Metamorphosis*, projecto no qual se encaixa o *Ulisses*. Uma técnica de visualização de *Topic Maps* encontra-se na Secção 4. O *Ulisses* é apresentado na Secção 5. A Secção 6 discute os trabalhos relacionados. Por fim, uma síntese do artigo e os trabalhos futuros são apresentados na conclusão.

2 Ontologias e Topic Maps

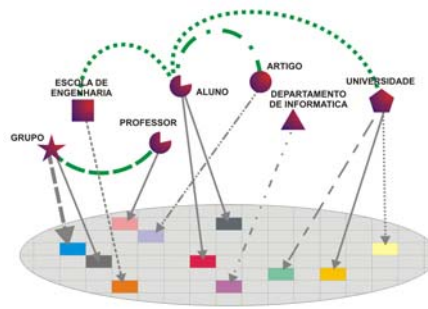
Uma ontologia é uma especificação ou *formalização de uma conceptualização* [6]. Alternativamente, uma ontologia pode ser entendida como uma teoria lógica a qual dá uma explicação explícita de uma conceptualização, projectada para ser compartilhada por agentes para vários objectivos [7]. Uma conceptualização é um conjunto de conceitos e suas relações entre si.

Na área de Sistemas de Informação, na qual se encaixa este trabalho, ontologia é definida como um conjunto de conceitos e termos ligados entre si (numa rede) que podem ser usados para descrever alguma área do conhecimento ou construir uma representação para o conhecimento [15]. Segundo Chandrasekaran [2], ontologias são teorias de conteúdo sobre os tipos de objectos, propriedades de objectos e relacionamentos entre objectos que são possíveis em um domínio de conhecimento específico.

Historicamente, a norma *Topic Maps* (ISO 13250) [1] foi definido para facilitar a fusão de diferentes esquemas de índices. Um formato comum para a anotação, usado para a indexação, é um passo crucial em direcção ao objectivo da interoperabilidade entre esquemas de índices. O que é necessário ainda é a interoperabilidade semântica. Enquanto que a especificação *Topic Maps* garante interoperabilidade sintáctica, ontologias provêm interoperabilidade semântica. Se for construído a partir de uma ontologia válida, *Topic Maps* podem prover interoperabilidade semântica não somente entre cada *topic map*, mas entre as aplicações que usam-nas.

Topic Maps é um formalismo para representar conhecimento acerca da estrutura de um conjunto de recursos de informação, organizando-o em tópicos. Esses tópicos têm ocorrências em recursos de informação e associações que representam e definem os relacionamentos entre os tópicos. A informação sobre os tópicos pode ser inferida ao examinar as associações e ocorrências ligadas ao tópico. Uma colecção desses tópicos e associações é chamada de *topic maps*, conforme apresentada na figura 1.

Os *Topic Maps* podem ser definidos como uma descrição de um ponto de vista sobre uma colecção de recursos, organizado formalmente por tópicos, e pela ligação de partes relevantes do conjunto de informação aos tópicos apropriados [14]. Um mapa de tópicos expressa a opinião de alguém sobre o que os tópicos são, e quais as partes do conjunto de informação que são relevantes para cada tópico.

Figure 1: *Topic Maps*

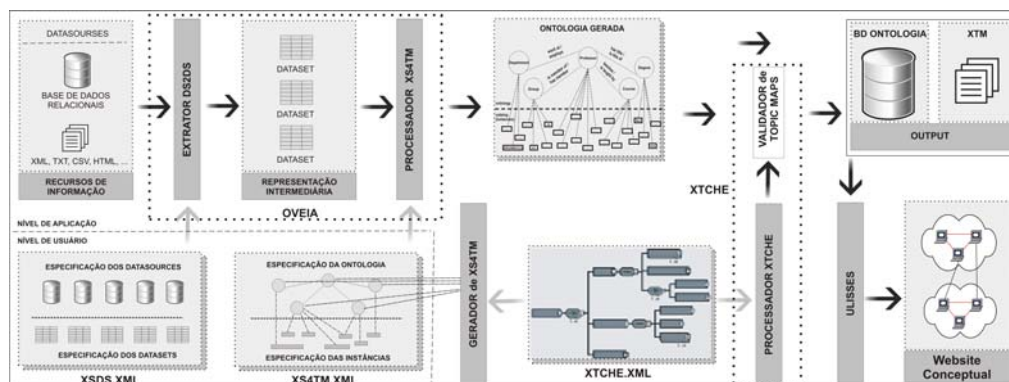
Permitindo criar um mapa virtual da informação, os recursos de informação mantêm-se em sua forma original e não são modificados. Então, o mesmo recurso de informação pode ser usado de diferentes formas, por diferentes mapas de tópicos. Como é possível e fácil modificar um mapa, a reutilização da informação é conquistada.

3 *Metamorphosis*: Um toolkit para *Topic Maps*

A motivação para o desenvolvimento do *Metamorphosis* [8] veio de algumas situações que surgiram no contexto de alguns projectos de desenvolvimento de software:

- Para conseguir interoperabilidade semântica em sistemas heterogêneos de informação, pois o significado da informação que é intercambiada deve ser compreendido por todos os sistemas [11]. Conflitos semânticos ocorrem toda vez que dois contextos não usam a mesma interpretação da informação, ou seja, quando há uma ambiguidade. Contudo, o uso de ontologias para a explicação do conhecimento implícito e oculto é uma possível abordagem para resolver o problema da heterogeneidade semântica.
- Muitas vezes, para se testar algumas funcionalidades de um sistema que se está a desenvolver é necessário criar uma interface Web para realizar esses testes. Normalmente, estas interfaces não têm grandes requisitos quanto à aparência, o que se pretende é que sejam desenvolvidas o mais rapidamente possível.
- Quer-se expor na Web um sistema de informação. Este sistema é composto por bases de dados, documentos XML ou documentos PDF. Quer-se que todos os itens de informação estejam acessíveis via Web e para isso constroem-se os primeiros índices. Estes índices acabam por ser enormes excedendo a capacidade dos browsers da Internet. Podia pensar-se em fraccioná-los alfabeticamente, mas há situações em que isso não é possível nem recomendável. Mas, é sempre possível arranjar um método para fraccionar a informação conceptualmente. É aqui que se começa a discutir a organização dos recursos de informação e onde se encaixa o *Metamorphosis*. Não é necessário alterar nenhum dos recursos de informação, apenas é necessário criar uma ontologia para esses recursos que reflecta a visão que se quer para eles.

A Figura 2 dá uma visão geral da arquitectura do *Metamorphosis*. Esta arquitectura pode ser descrita da seguinte maneira:

Figure 2: Arquitectura do *Metamorphosis*

- (1) **Camada de recursos de informação:** Este componente é composto pelos vários recursos de informação: documentos XML, páginas Web, bases de dados, ... O *Metamorphosis* não interfere com nenhum deles, apenas utiliza parte da informação de cada um para construir a ontologia ou rede semântica.
- (2) **Especificações XSDS e XS4TM:** São documentos XML que fornecem informações precisas sobre onde aceder para extrair as partes da informação necessárias para a construção da ontologia; este componente é descrito em detalhes em [10].
- (3) **Oveia:** Este componente utiliza a especificação XS4TM para ir aos recursos de informação buscar a informação de que necessita para construir a ontologia. O *TM-Builder* [9] é um extractor de ontologia em documentos XML. O *Oveia* [10] é um extractor de topic maps em sistemas heterogêneos de informação, o qual foi o sucessor do *TM-Builder*, suprimindo várias das carências da versão anterior.
- (4) **TM gerado:** Esta é a especificação do topic map de acordo com a sintaxe XTM. Além da possibilidade de armazenamento dos topic maps gerados em formato XTM, os topic maps gerados pelo *Oveia* também podem ser armazenados em uma representação relacional. Para isso, foi mapeada a norma XTM para um modelo relacional; este modelo é chamado de *BD Ontologia*.
- (5) **Especificação XTche:** É uma linguagem de especificação de restrições para topic maps, baseada nos requisitos de TMCL (*Topic Map Constraint Language*) [12] definidos pela ISO/IEC. Permite especificar regras para a validação de topic maps.
- (6) **Processador XTche:** Este componente é responsável pela validação de topic maps de acordo com um conjunto de restrições especificado em *XTche*. Se os topic maps a serem validados estiverem de acordo com a especificação *XTche*, nada acontece; caso apresentem alguma irregularidade, mensagens de erros serão mostradas, indicando os pontos em que o topic map não está correto.
- (7) **Ulisses:** Este é o componente que está a ser discutido com detalhe neste artigo. O *Ulisses* toma como entrada um topic map e produz uma visualização na web, de acordo com algumas regras. O *Ulisses* tanto fornece a navegação conceptual a partir da sintaxe XTM, como a partir do modelo relacional apresentado no *Oveia*.
- (8) **Website:** Este é website final através do qual é possível navegar por entre os vários recursos de informação que compõem o sistema de informação original.

A próxima secção abordará a visualização de Topic Maps, que é o objectivo do *Ulisses* – um gerador de navegação conceptual para a norma ISO 13250 Topic Maps – que será apresentado em detalhes na Secção 5.

4 Visualização de Topic Maps

Antes de apresentar o *Ulisses*, esta secção introduz um modo de visualização de *Topic Maps*, que é o método seguido pelo próprio navegador.

4.1 Visualização de Tópicos e Associações

Como dito anteriormente, um topic map pode ser visto como um grafo, onde os tópicos podem ser vistos como os nodos e os relacionamentos como os arcos. Cada tópico é representado como um nodo no grafo. Assim, a visualização de cada nodo – disponibilizada quando o navegador se posiciona sobre um tópico em específico – deve conter todas as suas características: seus tipos, suas instâncias, seu indicador de tema, seus nomes e suas ocorrências, além de incluir uma referência a todas as associações a qual ele faz parte.

Os nodos são rotulados usando os nomes dos tópicos. Desta forma, sempre que um nodo está relacionado com outros (sejam relações classe/instância ou associações propriamente ditas), o rótulo do nodo que está relacionado é o seu próprio nome.

Cada associação binária pode ser representada como um arco conectando os dois tópicos. Ao se posicionar em determinada associação do grafo, as informações sobre a mesma serão apresentadas. Por exemplo: em uma associação do tipo *orientar*, os tópicos participantes são visualizados (*Giovani* e *Pedro Henriques*) e os respectivos papéis de actuação (*orientando* e *orientador*), além do contexto onde ela está inserida (*ensino*). Por sua vez, os papéis de actuação são usados para designar os arcos que saem desse nodo (isto é, para descrever as associações nas quais o tópico actua).

4.2 Filtragem em *Topic Maps*

Um topic map pode conter milhões de tópicos e associações. Portanto é essencial seleccionar a informação relevante pois pode ser impossível mostrar todo o conjunto de tópicos e associações de uma forma eficiente.

Técnicas de filtragem de informação são necessárias para seleccionar e apresentar somente a informação relevante. A ferramenta aqui apresentada habilita os utilizadores a filtrar tópicos e associações de acordo com seu tipo ou pelos papéis de actuação em associação, por exemplo.

É possível fazer aqui uma analogia entre *Topic Maps* e mapas geográficos. Geralmente, não se encontra toda a informação desejada sobre um país em um único mapa; em vez disso, existem sub-mapas específicos de diversos contextos, tais como: mapas topográficos, mapas políticos, mapas económicos, etc.

Da mesma forma, tópicos e associações podem ser classificados em diferentes contextos. Sendo assim, sub-mapas¹ distintos dentro de um topic map poderão fornecer as informações necessárias ao utilizador de acordo com seu interesse. Se ele estiver interessado em *teatros*, os tópicos relevantes seriam *autor*, *comédia*, *cultura*, *actor*, etc. Esta é uma forma de filtrar a informação de acordo com um contexto específico.

Uma vez filtrados os tópicos e associações, eles necessitam ser representados eficientemente. Uma sugestão para a redução do número de tipos a serem representados é a agregação de tópicos e associações com um algoritmo de classificação, como o *galois lattices* [5]; este algoritmo diz que se pode agrupar objectos que compartilhem propriedades comuns. Esses grupos são chamados de classes. Portanto, pode-se somente distinguir classes de tópicos na representação em vez de diferenciar todos os tópicos. Por exemplo, os tópicos *Brasil*, *América do Sul* e *Brasília* podem ser representados da mesma maneira porque eles pertencem à mesma classe *lugar*. Este mecanismo de classificação torna possível visualizar *Topic Maps* com diferentes níveis de detalhes.

Obviamente, a informação visualizada é menos precisa, mas isso pode ser aceitável dependendo do propósito da navegação. Contudo, é possível visualizar uma informação mais precisa quando o utilizador foca em uma parte específica do topic map. Por exemplo, ao estar situado no tópico *Brasília*, a informação mostrada será que *Brasília é uma cidade*, o que é mais preciso que simplesmente afirmar que *Brasília é um local*. O mesmo acontece quando verifica-se a associação entre *Brasília* e *Brasil*; a informação apresentada é *Brasília é uma cidade situada no Brasil*.

4.3 Abordagem escolhida na criação do *Ulisses*

A fim de evitar a geração de um grafo para a visualização do topic map, o desenvolvimento do *Ulisses* seguiu uma abordagem paralela: a criação de um conjunto de páginas HTML, onde cada página representa um tópico ou uma associação contido no topic map.

Os *links* determinam as relações entre os nodos; desta forma, os *links* são identificados pelos nomes dos tópicos que eles representam. Por exemplo, na página HTML gerada para o tópico *Brasília* (conforme citado na subsecção anterior), haveria a menção de uma associação com o tópico *Brasil*, onde a frase “*é uma cidade que está situada no*” representa o papel de actuação de *Brasília* perante *Brasil*. Desta forma, a associação seria apresentada da seguinte forma:

- *Brasília* é uma cidade que está situada no *Brasil*

A palavra *Brasil*, nesta frase, possui uma ligação à página HTML que representa o tópico *Brasil*.

O algoritmo de funcionamento seguido pelo *Ulisses* para a criação das páginas HTML, as quais oferecerão a navegação conceptual a partir do topic map, pode ser descrito assim:

1. Definição da hierarquia de tópicos do topic map, percorrendo-se todos os tópicos e ligando-os de acordo com as relações classe/instância. Se no final desse processo verificar que não há um tópico raiz, é então criado um novo tópico que servirá de raiz para o topic map. Este novo tópico terá, como suas instâncias, todos os tópicos que não possuem tipos. Desta forma, todas as sub-árvores estarão conectadas entre si;
2. Criação de uma página inicial para o topic map, usando o nome do tópico raiz para a sua identificação e mostrando a hierarquia de tópicos no lado esquerdo da página;
3. Criação de uma página que oferece 4 formatos distintos de visualização da ontologia do topic map (tópicos abstractos), conforme será descrito na Subsecção 5.1.2;
4. Criação de uma página com o índice alfabético contendo todos os tópicos;
5. Criação de uma página para cada tópico, onde é apresentado os seus tipos, seu indicador de tema, suas ocorrências, as associações a qual ele faz parte e os tópicos que são suas instâncias. A página de cada tópico será armazenada fisicamente com nome formado por seu identificador com a extensão “html”. Deste modo, quando se faz uma referência a algum tópico, cria-se um *link* com o identificador do tópico relacionado;

¹Um sub-mapa é o conjunto de tópicos e associações que representam um sub-domínio, dentre vários que podem existir num topic map. Um mesmo tópico pode estar inserido dentro de vários sub-mapas, de acordo com as relações que ele possui.

6. Criação de uma página para cada associação, indicando seu tipo e seu contexto, além de seus membros e respectivos papéis de associação, onde os *links* seguem a estratégia acima: são criados a partir do identificador de cada tópico.

Seguindo esses passos, o website que corresponde a navegação conceptual do topic map será criado e armazenado numa directoria do sistema operativo.

5 *Ulisses* – o navegador

A ideia sobre a qual se baseou o *Ulisses* é a ideia da navegação conceptual, a qual pode ser descrita como: quando se está posicionado sobre um certo conceito, a ferramenta de navegação mostrará as informações associadas a este conceito em particular; se for escolhido algum dos outros conceitos relacionados, a navegação muda para a visão deste novo conceito; se for escolhido algum dos recursos de informação, o sistema mostrará o conteúdo do próprio recurso. O *Ulisses* foi projectado com base em três razões principais:

- Ser um protótipo eficiente, diminuindo o tempo de criação de um navegador para *Topic Maps*;
- Criar uma ferramenta que usa *Topic Maps* que seja facilmente distribuída, instalada e usada por todos;
- Ser baseado em XML.

Em termos de implementação, foi estabelecido que a navegação seria realizada através de *web browsers*. Então, todas a informação sobre cada conceito seria apresentada em páginas Web, não necessitando assim de utilitários extras, pois todo o computador adaptado à internet teria capacidade de navegar no topic map, independente de plataforma ou sistema operativo.

Quando o topic map estiver representado em XTM, a implementação desse componente de navegação é reduzida a transformações de XML para HTML. O *Ulisses* oferece, então, duas possibilidades: transformação do XTM com XSL (website estático) – Subsecção 5.1; e transformação do XTM em tempo de execução (website dinâmico) – Subsecção 5.2.

Além destas duas alternativas para a navegação, o *Ulisses* também é capaz de gerar um navegador para *Topic Maps* representados em base de dados relacionais – Subsecção 5.3. Este navegador surgiu de uma necessidade originada no âmbito do *Metamorphosis*, pois os topic maps gerados pelo *Oveia* podem ser armazenados tanto na sintaxe XTM, como na *BD Ontologia* [10].

Recorda-se, a propósito, que embora o *Ulisses* tenha sido investigado no patamar filial do *Metamorphosis* para fornecer a navegação desejável sobre o topic map extraído, é um componente independente, usado além do *Metamorphosis*.

Visando tornar o *Ulisses* mais abrangente, foram adicionadas folhas de estilos XSL² que permitem gerar navegadores os topic maps representados na sintaxe HyTime para a sintaxe XTM [13], de modo a permitir gerar navegadores para topic maps em HyTime. Assim, a navegação conceptual pode ser gerada para os principais formatos XML para a representação de *Topic Maps*. Além disso, o tradutor das sintaxes AsTMa³ e LTM⁴ para a sintaxe XTM pode ser utilizado para os topic maps que se encontram num destes formatos não-XML.

5.1 Navegação em *Topic Maps* baseada em transformações XSL

A variante mais utilizada do *Ulisses* é aquela que gera o website de uma só vez, isto é, transforma previamente (antes de se fazer a navegação) o topic map, em XTM, num conjunto de páginas HTML que não voltam a ser geradas em toda a navegação (site estático) [8]. Por isso, esta variante do *Ulisses* é desenvolvida em XSL, criando websites em HTML com algumas componentes em *Javascript*.

O algoritmo de funcionamento desta variante do *Ulisses* foi descrito na Secção 4.3.

Esta versão do *Ulisses* oferece opções que permitem rápidas modificações em todo o website, como por exemplo, alterações em termos de *layout* (cores e tamanho das fontes), comentários a serem incluídos nas páginas criadas e a inserção de imagens.

A seguir, cada formato de página gerado pelo *Ulisses* é apresentado, nomeadamente: a página inicial e a página que mostra a ontologia do topic map, a página que descreve um tópico e, por fim, o modelo de página para as associações.

5.1.1 Página principal do topic map

A página inicial (*home page*) da navegação num topic map no *Ulisses* é apresentada na Figura 3. Esta imagem expõe no seu lado esquerdo, a hierarquia de classes obtida a partir da ontologia, na forma de um menu que permite aceder qualquer tipo de tópico do topic map – item (1).

²<http://www.w3.org/Style/XSL/>

³XTM::AsTMa – <http://cpan.uwinnipeg.ca/htdocs/XTM/XTM/AsTMa.html>

⁴XTM::LTM – <http://cpan.uwinnipeg.ca/htdocs/XTM/XTM/LTM.html>

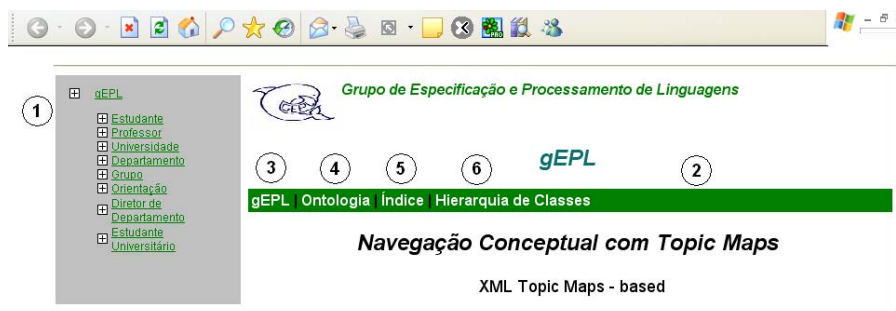


Figure 3: Visualização inicial de um topic map no *Ulisses*

No corpo do navegador, há uma barra de navegação – item (2) – que se encontra em todas as páginas geradas pelo *Ulisses*. Esta barra oferece 4 opções navegacionais:

Home: a primeira opção faz com que a navegação volte à página inicial do topic map, independente em que nodo a visualização do topic map se encontre num determinado instante. Essa opção é referenciada pelo nome do tópico raiz do topic map. Na Figura 3, *gEPL*⁵ é o nome do tópico raiz, por isso aparece na barra de navegação em todas as páginas geradas para este topic map – item (3);

Ontologia: ligação que remete à página que descreve a hierarquia de classes da ontologia do topic map – item (4);

Índice: indica a página que apresenta um índice alfabético dos tópicos – item (5);

Hierarquia de Classes: propicia a visualização da hierarquia de classes contida na ontologia do topic map em um formato gráfico – item (6).

5.1.2 Menu Ontologia

A ontologia – item (3) na Figura 4 – pode ser descrita em 4 partes, de acordo com as opções do sub-menu mostrado na Figura 4 e descritos abaixo:

Temas: apresenta a árvore hierárquica completa formada pelos tipos de tópicos e suas instâncias – item (1);

Relacionamentos: mostra todas as associações encontradas no topic map – item (2);

Papeis de Actuação: descreve os papeis de actuação e as associações nas quais cada papel está envolvido – item (3);

Recursos de Informação: lista todas as ocorrências encontradas no topic map agrupadas por seus tipos – item (4).

5.1.3 Visualização de um tópico

A visualização de um tópico pode ser composta por 6 partes, conforme pode ser visto na Figura 5, onde se apresenta a visualização do tópico *Giovani R Librelotto*:

Nome do topic map e barra de navegação: no cabeçalho do topic map aparece o nome do tópico raiz (neste caso, *Giovani R Librelotto*). Abaixo, encontra-se a barra de navegação, com as opções de voltar à página principal, aceder a ontologia, o índice geral e a hierarquia de classes do topic map – item (1);

Tipo do tópico: é uma ligação ao tipo do tópico em questão. No caso, o tópico *Giovani R Librelotto* é uma instância de *Estudante* – item (2);

Nome do Tópico: em destaque, o nome do tópico caracteriza o tópico em questão – item (3);

Recursos de Informação: as ocorrências do tópico, juntamente com seus tipos, são apresentadas nesta parte. Por exemplo: uma URL é definida como uma referência a um recurso do tipo *website* que caracteriza o tópico *Giovani R Librelotto* – item (4);

⁵*gEPL* refere-se ao Grupo de Especificação e Processamento de Linguagens da Universidade do Minho. Ver: <http://wiki.di.uminho.pt/wiki/bin/view/EPL/WebHome>

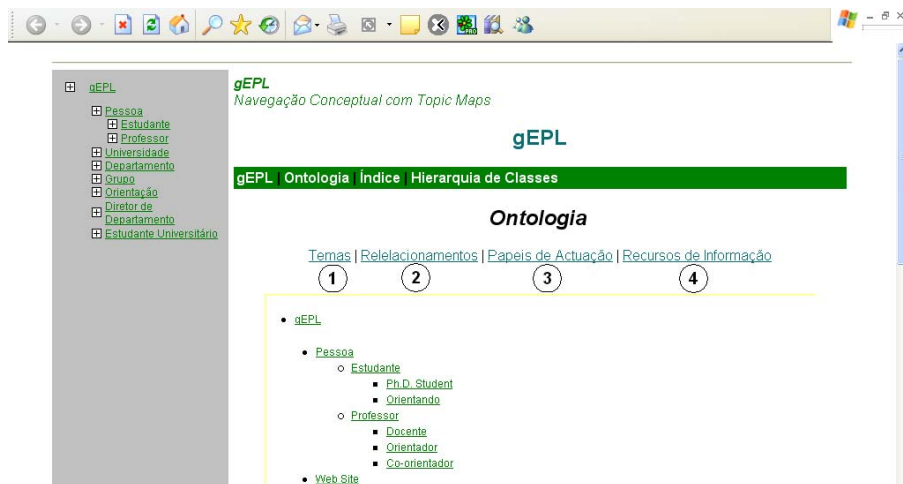


Figure 4: Visualização da ontologia de um topic map no *Ulisses*

Tópicos Relacionados: os tópicos que estão associados, assim como o papel de actuação do tópico em questão em cada associação, se encontram postos de forma que a leitura seja intuitiva. Por exemplo: *Giovani R Librelotto é orientado por Pedro R Henriques* define uma associação envolvendo dois tópicos (*Giovani R Librelotto* e *Pedro R Henriques*), além do papel de actuação do primeiro em relação ao segundo (*é orientado por*) – item (5);

Instâncias: lista dos tópicos que são instâncias do tópico em questão. Por exemplo: a visão do tópico *Estudante* apresenta o tópico *Giovani R Librelotto* e suas demais instâncias. Na Figura 5 não se encontra nenhuma instância, pois o tópico *Giovani R Librelotto* é um nodo folha na hierarquia de classes do topic map.

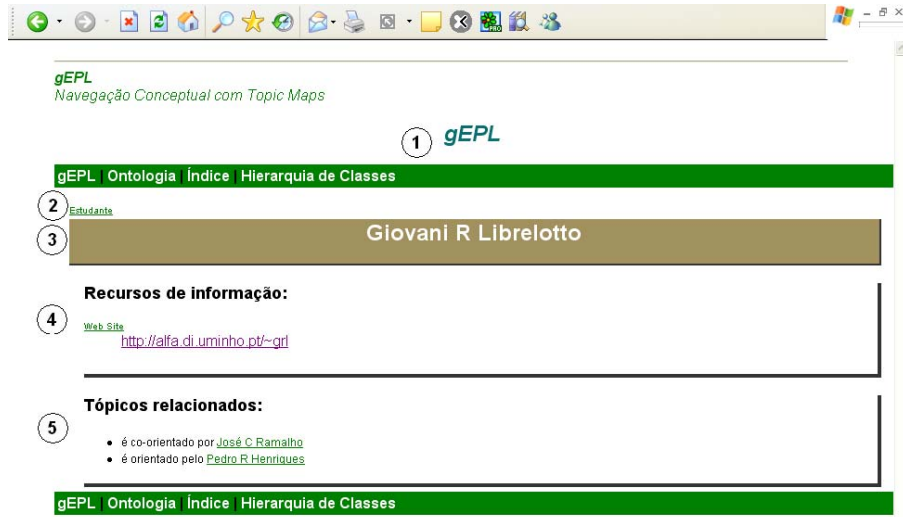


Figure 5: Visualização de um tópico no *Ulisses*

Dessa forma, todas as características de tópicos discutidas na Subsecção 4.1 encontram-se descritas numa página que segue o formato acima descrito.

5.1.4 Visualização de uma associação

A visualização de uma associação pode ser composta por 5 partes, conforme pode ser visto na Figura 6, onde se apresenta a visualização da associação *Chefe de Grupo*:

Nome do topic map e barra de navegação: assim como acontece na visualização de tópicos, o nome do tópico

aparece no alto da página (neste caso, *Chefe de Grupo*); logo abaixo encontra-se a barra de navegação – item (1);

Tipo da associação: é uma ligação ao tipo da associação. No caso, a associação *Chefe de Grupo* é uma instância de *gEPL*, o qual é o tópico raiz do topic map. Esse facto indica que a associação não possuía nenhum tipo e foi relacionado, pelo *Ulisses*, com o tópico raiz – item (2);

Nome da Associação: em destaque, o nome que caracteriza a associação em questão – item (3);

Tipos dos Tópicos Membros: em cada frase que determina a relação entre os tópicos membros, os seus tipos são citados; cada citação é um *link* para a página referente ao tipo de tópico – item (4);

Membros: os membros da associação constituem *links* para a páginas dos referidos tópicos. Por exemplo, o tópico *José C Ramalho* participa da associação *Chefe de Grupo* juntamente com o tópico *Grupo de Especificação e Processamento de Linguagens* – item (5);

Papeis de Actuação: cada membro da associação está relacionado aos demais membros através de um papel de actuação. Por exemplo, o tópico *José C Ramalho* possui o papel *é chefe de* na associação com o tópico *Grupo de Especificação e Processamento de Linguagens* – item (6).

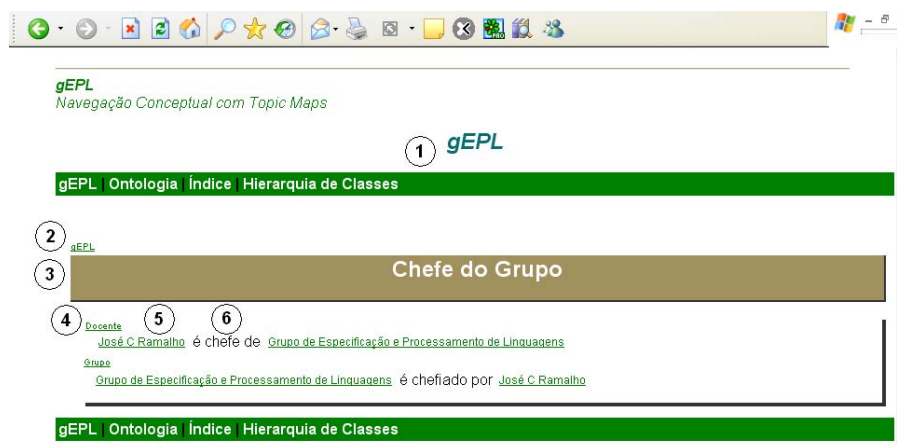


Figure 6: Visualização de uma associação no *Ulisses*

Assim como ocorre com os tópicos, as associações também tem todas as suas características apresentadas em uma página que segue o formato acima descrito.

5.2 Navegação em *Topic Maps* com transformação em tempo de execução

As transformações em tempo de execução são implementadas com transformações XML, auxiliadas por uma CGI (*Common Gateway Interface*). A página inicial é uma chamada a uma CGI parametrizada à raiz do topic map (que vai servir de ponto de entrada para a navegação). A CGI aplica a transformação no topic map e produz uma visão HTML. Nessa visão, todos os *links* gerados são chamadas à mesma CGI mas com diferentes parâmetros, que indicam a localização da nova posição, ou seja, permitirá a visão do tópico relacionado.

Esta é a solução mais prática porque somente necessita de dois ficheiros: o topic map (especificado de acordo com a sintaxe XTM) e a CGI. Contudo, as transformações em tempo de execução consomem muito tempo, pois o topic map é interpretado em tempo de execução. Desta forma, a cada nova chamada a CGI, o topic map deve ser interpretado mais uma vez, para formar a visualização a ser disponibilizada no navegador. Por isto, esta solução tem sido utilizada apenas com topic maps considerados pequenos, ou seja, com um número inferior a 200 tópicos e associações.

A navegação no *Ulisses* baseado em CGI segue o modo descrito na Subsecção 5.1. Apesar da navegação ser gerada de uma forma distinta – em vez de uma página HTML para cada tópico e associação, usa-se uma chamada à CGI com o identificador do tópico ou associação desejado – a visualização do topic map é a mesma. Assim, as imagens apresentadas na subsecção anterior servem também para descrever essa variante do *Ulisses*.

Assim como a variante do *Ulisses* apresentada na subsecção anterior, esta variante baseada em CGI também permite a navegação sobre topic maps representados de acordo com a sintaxe XTM. Ou seja, se o topic map estiver em algum

outro formato, deve ser convertido para XTM (antes da geração da navegação) pelos processadores de HyTime⁶, AsTma= e LTM.

5.3 Navegação em *Topic Maps* armazenados na *BD Ontologia*

Conforme apresentado em [10], além da geração de topic maps em ficheiros XTM, o *Oveia* propicia também o armazenamento dos mesmos num formato relacional. Desta forma, em vez de ficheiros texto, uma base de dados, chamada *BD Ontologia*, funciona como um repositório de topic maps. A partir dessa base de dados, é possível navegar nos topic maps utilizando consultas SQL.

As consultas SQL podem ser realizadas para diferentes fins. Um exemplo pode ser visto no código abaixo, o qual apresenta um comando SQL para retornar as instâncias de um tópico, que se encontra na base de dados.

```
1 | SELECT bn.baseNameString, t.* FROM topicRef tr
2 |   inner join instanceOf [io] on tr.topicRefID = [io].topicRefID
3 |   inner join instanceOfTopic iot on [io].instanceOfID = iot.instanceOfID
4 |   inner join topic t on t.topicID = iot.topicID
5 |   inner join baseName bn on t.topicID = bn.topicID
6 |   WHERE tr.topicID = 1 AND bn.scopeID is null
7 | ORDER BY bn.baseNameString
```

A consulta SQL acima busca, na *BD Ontologia*, todos os tópicos que são instâncias de um determinado tópico, ordenando-os pelo nome. Assim, entende-se que há uma consulta SQL implementada para cada tipo de interrogação que se pode vir a fazer no topic map, seja ela sobre tópicos, associações ou ocorrências.

As principais vantagens deste formato de navegação são:

- manter o topic map armazenado num modelo relacional. Pode-se, assim, aproveitar os recursos que uma base de dados relacional oferece para a gestão do topic map;
- realizar a navegação sobre o topic map actual; isso significa que se houver mudanças no topic map armazenado, elas automaticamente serão reflectidas na visualização;
- alternar o topic map a ser visualizado, sem necessitar abrir um novo navegador. Como uma única *BD Ontologia* pode armazenar diversos topic maps, é possível alterar o topic map em que se está a navegar, de uma maneira simples.

Contudo, essa variante do *Ulisses* também possui algumas desvantagens, tais como:

- necessita de um gestor de bases de dados (onde está o topic map a ser navegado) e de um servidor Web (por exemplo, o *TomCat*⁷) para o seu completo funcionamento;
- a velocidade da navegação depende de factores externos, tais como a base de dados e o servidor Web, pois as páginas são montadas em tempo de navegação.

6 Trabalhos Relacionados com o *Ulisses*

Actualmente, os navegadores (*browsers*) para *Topic Maps* mais conhecidos pela comunidade académica de Semantic Web são: *Omnigator*, *Topic Map Designer*, *xSiteable* e *TMNav*.

Actualmente, o *Ontopia Omnigator*⁸ talvez seja o navegador de *Topic Maps* mais difundido. O *Omnigator* é uma aplicação que permite carregar e navegar sobre qualquer topic map, usando um browser para a Web. O objectivo do desenvolvimento do *Omnigator* foi incentivar o uso de *Topic Maps*, ensinando os princípios básicos do paradigma.

O *Omnigator* faz parte do *Ontopia Knowledge Suite (OKS)*. Isto implica que algumas funcionalidades do *Omnigator* foram projectadas para trabalhar em conjunto com outros módulos do OKS. Contudo, o *Omnigator* é o único módulo integrante do OKS fornecido livremente; os demais módulos devem ser adquiridos. Outro inconveniente do *Omnigator* é que a versão disponibilizada livremente está limitada a 5000 tópicos e associações; desta forma, quando um topic map possuir uma quantidade superior a este limite, a navegação não é permitida ao utilizador.

Apesar deste inconveniente comercial e da limitação imposta na versão distribuída livremente, o *Omnigator* é considerado uma ferramenta completa e eficiente, que produz um navegador com uma interface muito agradável e simples de manusear. Contudo, o *Omnigator* é um interpretador – processa o topic map quando carrega a especificação XTM indicada – o que requer a sua presença na máquina do utilizador final, ou então o recurso a um servidor Web que terá de estar activo numa determinada máquina.

⁶XTM::HyTyme – <http://www.cogx.com/xslt4tm2xtm.html>

⁷<http://jakarta.apache.org/tomcat/>

⁸Disponível em: <http://www.ontopia.net/omnigator/models/index.jsp>

Constata-se, na prática, que o *Omnigator* é uma ótima solução para a fase de desenvolvimento, quando o topic map está constantemente a ser alterado⁹. Nessa fase, a navegação proporcionada pelo *Omnigator* pode ser utilizada para certas verificações, como por exemplo, a correcção dos nomes dos tópicos e dos seus contextos. Porém, numa situação de produção, em que o topic map está estável, é preferível usar uma solução em que o visualizador possa ser aberto por qualquer *browser* sem requerer a presença do processador.

Foi precisamente este requisito que nos levou a desenvolver o *Ulisses* que, sendo comparável a um compilador, gera um conjunto de páginas HTML estáticas. Assim, o *Ulisses* é invocado uma vez e o resultado permite efectuar navegações com qualquer *browser* que o utilizador final escolha.

Entretanto, uma vantagem significativa do *Omnigator* é o seu módulo chamado *Vizigator* [4]. O *Vizigator* propicia uma navegação gráfica de *Topic Maps* fornecendo: uma visão geral da estrutura da informação, de forma intuitiva e instantânea; uma travessia no grafo formado pelo topic map; a habilidade de ver e entender os relacionamentos; visões em diferentes níveis de granularidade; e acesso intuitivo a modelos de dados não-familiares ao utilizador.

A visualização gráfica fornecida pelo *Vizigator* se caracteriza, portanto, num diferencial a favor do *Omnigator*, por propiciar duas navegações distintas sobre *Topic Maps*: numa visão HTML contendo toda a informação sobre cada tópico (como faz o *Ulisses*) ou numa visão gráfica, apresentando o grafo propriamente dito (como faz o *Topic Map Designer*).

O *Topic Map Designer*¹⁰ é um aplicativo que permite a edição de *Topic Maps* e sua consequente visualização gráfica. Contudo, ele não tem como objectivo ser um ambiente completo para a criação de *Topic Maps* e suporta somente topic maps no formato HyTime e possui limitações quanto ao tamanho de topic maps (não podem ter mais de 100 tópicos). O *xSiteable*¹¹ é uma ferramenta de desenvolvimento de websites criada em XSLT, com um pacote de administração PHP. De modo geral, possui características muito similares ao *Ulisses*, quanto à formação do website, representação das características dos tópicos e associações, assim como na visualização de todas estas informações em uma página HTML. Ambas utilizam tecnologia XSLT para a geração de páginas HTML, a partir de um documento XTM.

Porém, o *xSiteable* apenas possui a opção de criar uma página HTML por tópico. Ao contrário do *Ulisses*, o *xSiteable* não permite a criação de um website dinamicamente, (conforme apresentado na Subsecção 5.2). Além disso, não suporta qualquer outro formato de topic maps, além de XTM e CSXTM¹². O *Ulisses*, por sua vez, permite a navegação em topic maps armazenados na *BD Ontologia*.

A mesma vantagem acima – permitir a navegação de topic maps armazenados num modelo relacional – o *Ulisses* possui sobre o *TMNav*. O *TMNav*¹³ é uma aplicação *Java/Swing* para propiciar a navegação em topic maps que utiliza uma interface baseada em grafos. Ele funciona sobre o aplicativo *TM4J*, permitindo assim uma navegação em páginas Web ou num grafo dinâmico que utiliza a biblioteca *TouchGraph*¹⁴. Com isso, a desvantagem do *Ulisses* é justamente o facto de não fornecer uma visualização diagramática do grafo, como faz tanto o *TMNav*, como o *Omnigator/Vizigator*.

7 Conclusão

Em resumo, o *Ulisses* representa uma ferramenta com objectivos claros (navegação conceptual em *Topic Maps*), baseada em conceitos de navegação em grafos, a qual utiliza tecnologias bastante difundidas para sua implementação, não o tornando dependente de plataforma ou aplicativo específico.

Actualmente, o *Metamorphosis* tem sido utilizado em vários projectos de pequena e média dimensão. Até ao momento, provou ser uma boa ferramenta de prototipagem. Com isso, a necessidade de uma ferramenta que disponibilize uma navegação conceptual é importante e indispensável, pelo que se acrescentou o *Ulisses* ao *Metamorphosis*. Assim, as interfaces Web – que disponibilizam o conhecimento representado no topic map – são criadas rapidamente e sem grandes dificuldades por parte dos utilizadores.

O *Ulisses* fornece uma navegação completa sobre *Topic Maps*, gerados ou não a partir de outras ferramentas. A representação do conhecimento é apresentado de uma forma simples e precisa, formando uma rede semântica baseada em tópicos e associações. Quando se acede às informações referente a um determinado tópico, visualizam-se suas características (o seu tipo, suas instâncias, seus identificadores de tema, seus nomes e suas ocorrências) e as associações relacionadas com este tópico (incluindo os papéis de associação actuado por ele e os tópicos associados).

Apresentando três tipos distintos de navegadores, o *Ulisses* abrange praticamente todos os formatos de representação de *Topic Maps*. Cada navegador possui sua aplicação ideal: o navegador baseado em XSL é indicado para qualquer tamanho de topic maps, pois gera uma interface completa, independente da quantidade de tópicos e associações; o

⁹Como o *Omnigator* interpreta a especificação na hora em que o serviço é requisitado, qualquer alteração que tenha sido produzida no ficheiro XTM é logo reflectida no visualizador.

¹⁰Topic Map Designer: <http://www.topicmap-design.com/en/tutorial.htm>

¹¹xSiteable: <http://www.shelter.nu/xsiteable/>

¹²CSXTM é um formato de representação de *Topic Maps* compacto, simplificado e baseado em XTM. Desenvolvido pelos mesmos criadores do *xSiteable*, utiliza-se folhas de estilos XSL para a conversão de XTM para CSXTM, e vice-versa. Detalhes em <http://www.shelter.nu/csxtm.html>

¹³TMNav: <http://tm4j.org/tmnav.html> – TM4J: <http://tm4j.org/>

¹⁴TouchGraph: <http://touchgraph.sourceforge.net/>

navegador baseado em CGI é indicado para uma rápida visualização de pequenos topic maps (com até 200 tópicos e associações); por fim, o navegador para base de dados relacional acrescenta a possibilidade de navegação em topic maps armazenados na *BD Ontologia*.

No que diz respeito a trabalhos futuros, está a ser estudado um componente que irá permitir ao utilizador especificar o aspecto visual do website gerado (por enquanto, apenas há uma configuração da interface). Desta forma, a visualização da ontologia representada no topic map visualizado pode ser apresentada da forma mais propícia.

Em termos de trabalho actual, outra família de navegadores está em desenvolvimento: navegadores gráficos SVG [3]. Estes navegadores se incorporarão ao *Metamorphosis*, tornando-o uma ferramenta cada vez mais completa, no que diz respeito a processadores para a norma *Topic Maps*.

References

- [1] Michel Biezunsky, Martin Bryan, and Steve Newcomb. ISO/IEC 13250 - Topic Maps. ISO/IEC JTC 1/SC34, December 1999. <http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0129.pdf>.
- [2] B. Chandrasekaran. What Are Ontologies, and Why do We Need Them? In *IEEE Intelligent Systems and their applications*, volume vl 9, n 1. IEEE, January 1999.
- [3] Jon Ferraiolo and Dean Jackson. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification. World Wide Web Consortium, January 2003. <http://www.w3.org/TR/SVG/>.
- [4] Pamela Gennusa. Ontopia's Vizigator(tm) - Now you see it! In *XML 2004 Conference and Exposition*, Washington D.C., U.S.A, 2004. IDEAlliance. <http://www.idealliance.org/proceedings/xml04/papers/311/311.html>.
- [5] R. Godin, R. Missaoui, and H. Alaoui. Incremental concept formation algorithms based on galois (concept) lattice. In *Computational Intelligence*, volume 11(2), 1995.
- [6] Thomas R. Gruber. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In N. Guarino and R. Poli, editors, *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands, 1993. Kluwer Academic Publishers.
- [7] Nicola Guarino and P. Giaretta. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. In N. Mars, editor, *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing*, pages 25–32. Ed. Amsterdam: ISO Press, 1995.
- [8] Giovanni R. Librelotto, José C. Ramalho, and Pedro R. Henriques. Ontology driven Websites with Topic Maps. In *The International Conference on Web Engineering*, Oviedo, Spain, 2003.
- [9] Giovanni R. Librelotto, José C. Ramalho, and Pedro R. Henriques. TM-Builder: Um Construtor de Ontologias baseado em Topic Maps. In *XXIX Conferencia Latinoamericana de Informtica*, La Paz, Bolívia, 2003.
- [10] Giovanni Rubert Librelotto, José Carlos Ramalho, and Pedro Rangel Henriques. Extração de Topic Maps no Oveia: Especificação e Processamento. In *30ma Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI2004)*, 2004. ISBN 9972-9876-2-0.
- [11] Steven R. Newcomb. A Semantic Integration Methodology. In *Extreme Markup Languages 2003: Proceedings*. IDEAlliance, 2003. <http://www.idealliance.org/papers/extreme03/html/2003/Newcomb01/EML2003%Newcomb01.html>.
- [12] Mary Nishikawa and Graham Moore. Topic Map Constraint Language (TMCL) Requirements and Use Cases. ISO/IEC JTC 1/SC34 N0405rev, 2003. <http://www.isotopicmaps.org/tmcl/requirements.html>.
- [13] Nikita Ogievetsky. XSLT stylesheets for converting ISO 13250 Topic Map documents into XTM 1.0 syntax. <http://www.cogx.com/xslt4tm2xtm.html>, 2000.
- [14] Steve Pepper. The TAO of Topic Maps - finding the way in the age of infoglut. Ontopia, 2000. <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tao.html>.
- [15] W. Swatout and A. Tate. Ontologies. In *IEEE Intelligent Systems and their applications*, volume vl 14, n 1. IEEE, January 1999.