



# *iMap & CMPaaS – De Ferramenta à Plataforma de Serviços para Mapas Conceituais*

*Title: iMap & CMPaaS – From Tool to a Service Oriented Platform for Concept Maps*

**Wagner de Andrade Perin**

Departamento de Informática – UFES  
Goiabeiras, Vitória – ES - Brasil  
[wagner.perin@ufes.br](mailto:wagner.perin@ufes.br)

**Davidson Cury**

Departamento de Informática – UFES  
Goiabeiras, Vitória – ES - Brasil  
[dede@inf.ufes.br](mailto:dede@inf.ufes.br)

**Crediné Silva de Menezes**

Instituto de Informática - UFRGS  
Porto Alegre – RS - Brasil  
[credine@inf.ufes.br](mailto:credine@inf.ufes.br)

**Resumo** *Este artigo relata as evoluções de uma pesquisa que visa a criação de uma ferramenta facilitadora do processo de análise e avaliação de mapas conceituais. Além disso, esse trabalho propõe a especificação de uma plataforma orientada a serviços, visando a completa gestão mapas conceituais — incluindo serviços de análise, avaliação, união e checagem de conflitos em mapas. Destaca ainda, como fonte de futuras investigações, o potencial de integração de novos serviços à plataforma proposta.*

**Palavras-Chave:** *Mecanismos de Inferências, Sistemas Baseados em Regras, Inteligência Artificial, Arquitetura Orientada a Serviços, PROLOG, Desenvolvimento Orientado a Modelos.*

**Abstract** *This article reports the evolution of a research that aims to create a tool that facilitates the process of analysis and evaluation of concept maps. In addition, this work proposes the specification of a service-oriented platform, aiming at the complete management of concept maps — including map analysis, evaluation, union and conflict checking services. It also highlights, as the starting point for future research, the potential of integrating new services into the proposed platform.*

**Keywords:** *Inference engine, Rules Based Systems, Artificial Intelligence, Service Oriented Architecture, PROLOG, Model-Driven Development.*



# 1 Introdução

Os Mapas Conceituais foram definidos por Novak como recursos gráficos para representação e construção de conhecimento que se constituem numa rede de nós, representando os conceitos ou objetos, conectados por arcos com rótulos descritores das relações entre os pares de nós [1, 2]. São construídos de forma que as relações estabelecidas entre eles sejam evidentes. Num mapa, os conceitos são substantivos, representados por retângulos, as ligações são estruturas verbais. A tripla (conceito, ligação, conceito) forma uma unidade semântica conhecida como “proposição”. As proposições constituem a característica básica dos mapas conceituais, o que os distingue de outras representações semelhantes [3]. A Figura 1 apresenta um mapa conceitual utilizando os elementos básicos constituintes de sua concepção para responder à pergunta: “O que é um Mapa Conceitual?”.

Eles têm sido utilizados para o mapeamento dos conteúdos previstos ou estabelecidos em projetos educacionais e, portanto, ligados a propostas pedagógicas, e a interpretação dos mesmos é deixada para os professores ou para os especialistas (humanos) em educação. Mais recentemente começaram a ser também utilizados para a representação de conhecimento e de tal maneira que possam ser interpretados computacionalmente [4].

Para conceber os Mapas Conceituais, Novak apoiou suas bases na Teoria da Aprendizagem Significativa de

Ausubel [5]. Nessa teoria, de natureza cognitivista, a estrutura mental do conhecimento se organiza de forma hierárquica, onde conceitos mais genéricos estão nos níveis mais elevados, próximos à raiz, enquanto conceitos mais específicos figuram em níveis mais baixos se alongando até suas folhas.

Ausubel (1968) argumenta que conceitos e proposições são os blocos de construção do conhecimento. Ele define o conceito de subsunção como uma operação que se caracteriza por: classificar, incorporar ou incluir algo em uma categoria ou em um princípio mais geral. Nessa teoria os conceitos subsunçores são conceitos mais gerais, e já estáveis, que figuram na estrutura cognitiva de um indivíduo e que se prestam à ancoragem de novos conceitos, mais específicos. Para que a ancoragem de novos conceitos seja considerada uma aprendizagem significativa o indivíduo deve ter presentes em sua estrutura cognitiva os necessários conceitos subsunçores e possuí-los num nível adequado àquele processo.

Indo um pouco além, Piaget e Garcia (1996) expande a importância das ligações sugerindo que sua natureza semântica define diferentes níveis de conhecimento de quem as produz. Por vezes, são chamadas de unidades semânticas ou unidades de sentido [1]. Assim, neste trabalho consideramos as proposições como a menor unidade de conhecimento e acreditamos que ao formá-las o autor está, na realidade, realizando uma enunciação de uma unidade de seu conhecimento.

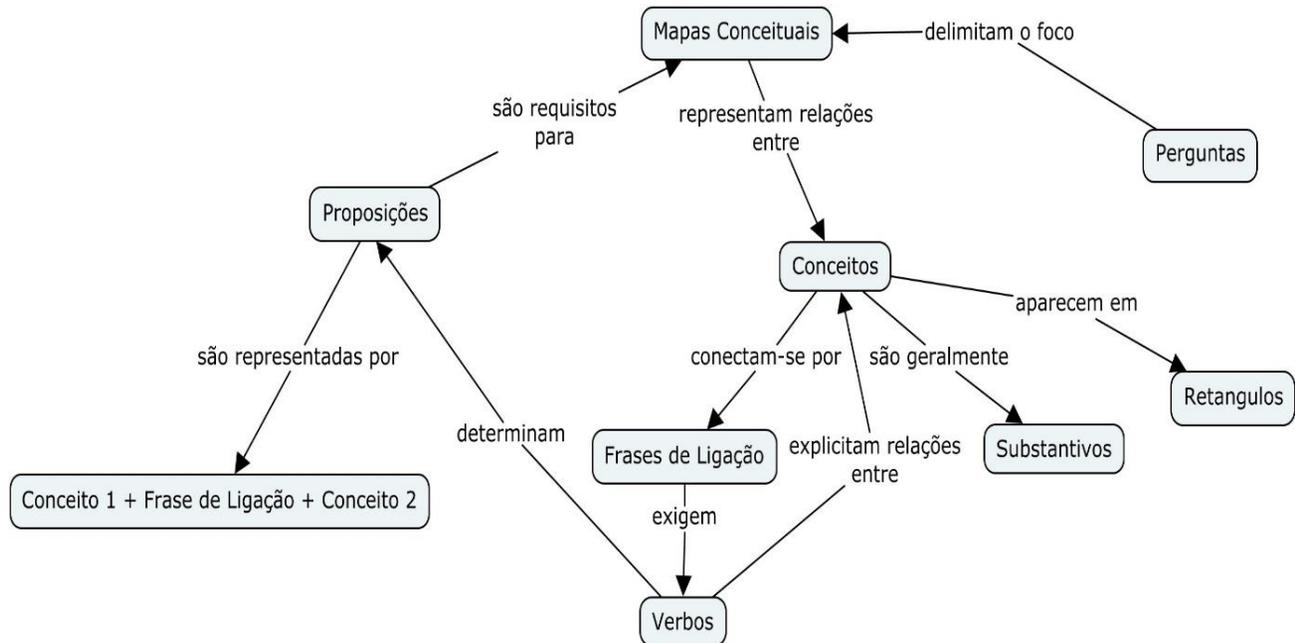


Figure 1: Mapa Conceitual produzido na investigação sobre: “O que é um Mapa Conceitual?” [8].

Mapas conceituais são populares hoje e são usados para apoiar diferentes atividades nas quais o conhecimento precisa ser organizado e representado [9], nomeadamente na educação [3]. Nas atividades humanas somos levados pela curiosidade a saber as semelhanças ou diferenças, de compará-los e mesmo de mescla-los.

A educação apresenta um campo fértil para aplicações de abordagens tecnológicas. Podemos imaginar diversas situações, desde o ensino de física por meio de realidade virtual até projetos colaborativos, nos quais podemos aplicar as tecnologias existentes para criar situações de ensino e aprendizagem. Entretanto, se partirmos de uma abordagem construtivista, podemos levantar uma questão quanto à essa tendência de informatização e automação: esta aprendizagem auxiliada pela tecnologia é significativa, do ponto de vista da formação do estudante? Os recursos tornados disponíveis estarão contribuindo para a melhoria real dos mecanismos de assimilação e acomodação dos conhecimentos?

Se pensamos em ferramentas para apoiar a educação, neste contexto os mapas são representações mais amenas ao uso e entendimento, já que carrega consigo poucas restrições e regras de elaboração. Por vezes um professor lança mão dos mapas para verificar o nível de entendimento do estudante de um dado assunto ou deseja identificar o conhecimento médio de uma turma sobre os conceitos de um dado domínio do conhecimento. Caso os mapas sejam gerados automaticamente – por meio de um gerador automático de mapas [10]; o professor pode inspecioná-lo para avaliar a sua fidelidade ao domínio ou ao texto que lhe deu origem. Por meio de um editor de mapas, ele pode agregar ou desfazer construções com enorme facilidade.

Quando aprendizes trabalham em grupos pequenos e cooperam para aprender um dado assunto, resultados cognitivos e afetivos favoráveis emergem. Dentre um enorme conjunto de aplicações, os mapas conceituais auxiliam estudantes a aprender de forma mais significativa, ajudam professores a indicar visualmente conceitos-chave e resumir suas inter-relações, além de também auxiliar grupos em tarefas colaborativas. Neste último caso, auxiliam na comunicação entre os membros e no gerenciamento do desenvolvimento do projeto, além de facilitar a captura e utilização do entendimento do assunto por cada aprendiz.

Devido ao grau de importância dos mapas conceituais, diversos trabalhos acadêmicos e industriais têm sido desenvolvidos em volta deste recurso e suas aplicações. Por exemplo, houve um aumento considerável na produção de ferramentas computacionais para a construção automática de mapas, diretamente de fontes de dados, por exemplo, de textos não estruturados. De fato, 10 de 15 abordagens para geração automática de mapas concei-

tuais foram publicados recentemente e a maioria delas (93,34%) voltadas à educação (46,67%) ou a fins analíticos (46,67%) [10].

Como uma das características fundamentais dos mapas, nesta pesquisa consideramos a formação de proposições *condicio sine qua non* para a construção de mapas conceituais uma vez que tencionamos desenvolver uma ferramenta inteligente que interpreta o conhecimento presente nos mapas conceituais. Kremer (1994) esclarece tal necessidade ao afirmar que “existe uma dicotomia entre a necessidade do usuário humano de trabalhar com um sistema flexível e tolerante (informal) e a necessidade do computador de que haja um rigor semântico em sua concepção (formal)”. Portanto, para esta pesquisa, é essencial que as frases de ligações possuam verbos que estabeleçam claramente a relação semântica existente entre os dois conceitos conectados.

Um aspecto central que motiva esta pesquisa reside no fato de os mapas conceituais serem ferramentas que, de certa forma, incentivam a realização de investigações cada vez mais profundas do conhecimento acerca de um dado assunto. A cada conceito e relação externada, novas questões surgem na mente de quem o constrói. Por causa disto, podemos afirmar que os mapas conceituais não são apenas representações do conhecimento mas uma ferramenta de construção do conhecimento. Comumente, quem constrói um mapa conceitual se envolve num processo iterativo, baseado na repetição constante de questões tais como: “Que outro conceito pode ser representado neste mapa? Com quais conceitos previamente representados este novo conceito está relacionado?”. Para auxiliar nesse processo de levantamento de novos conceitos e relações, Ribeiro *et al.* (2011) propõem uma arquitetura computacional capaz de enriquecer um mapa conceitual com novos conceitos e relações comumente representados em mapas que abordam o mesmo assunto, utilizando neste processo uma base de inteligência artificial e inferências utilizando sistemas especialistas.

Mas há também uma investigação profunda que é geralmente realizada por docentes, ou especialistas de domínio, ao avaliarem o conteúdo de um mapa conceitual de sua área de conhecimento. Ao analisarem seu conteúdo, eles buscam identificar nuances de conhecimento expressos por meio dos conceitos e das relações externadas pelo construtor do mapa. Para isso, eles costumam lançar, mentalmente, uma série de questões relacionadas ao conteúdo do mapa que consideram importantes serem externadas a fim de averiguar o efetivo reconhecimento dos conceitos e relações importantes naquele contexto. Nesse momento, algumas das questões levantadas podem ser: “O que o aluno sabe sobre o conceito A? O aluno identificou a relação existente entre o conceito A e o conceito B? Qual o termo de ligação utilizado nas relações existentes entre os conceitos A e B? Quais con-



ceitos o estudante relacionou ao conceito A?”. Essas são algumas das questões mentalizadas por professores e especialistas ao avaliarem um mapa conceitual.

Como é possível observar, no entanto, a busca por resposta a essas perguntas traz, como consequência, uma pesada carga de processamento cognitivo. Muitas vezes, esse processo de avaliação do mapa demanda tempo pois, ao avaliar, diversos conceitos e relações são reprocessados para cada uma das perguntas para as quais se buscam respostas. Essa característica inviabiliza, muitas vezes, a adoção dos mapas conceituais em muitas abordagens pedagógicas já que grande parte dos docentes não dispõe do tempo necessário para realizar essas investigações em todos os mapas gerados por seus estudantes.

Outro fator complicador é que, dependendo da abordagem utilizada na sua construção, os mapas conceituais podem tomar proporções que tendem a dificultar sua navegação visual e posterior processamento cognitivo por parte de avaliadores humanos. Isso é comum em mapas gerados em grandes corporações, onde o número de conceitos e relações mapeados são elevados.

Esta pesquisa está interessada em apresentar uma solução computacional que exima os avaliadores de mapas conceituais da exigência de realizarem sucessivas navegações nos mapas em busca de informações. Sendo assim, seu objetivo geral é desenvolver uma ferramenta computacional que favoreça a análise do conhecimento presente em mapas conceituais por meio de perguntas e respostas, adotando técnicas distintas e complementares, como: recuperação inteligente de informação, processamento de linguagem natural, sistemas inteligentes, sistemas de perguntas-respostas, dentre outras. Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram traçados e seus resultados compilados neste artigo:

- Investigação, junto aos docentes que adotam mapas conceituais como ferramentas de avaliação do conhecimento, de suas necessidades e principais questões que norteiam suas análises dos mapas gerados pelos estudantes;
- Investigação, análise, registro e tabulação das ferramentas existentes à luz das necessidades dos docentes a fim de validar a hipótese de que as soluções atuais não possuem ferramentas que favorecem uma análise dos mapas conceituais sem a necessidade de realizar navegações;
- Definição de uma arquitetura conceitual para um sistema inteligente que permita a interação por meio de perguntas e respostas construídas em linguagem natural;

- Projeto, desenvolvimento, testes e avaliações de um protótipo funcional identificando e relatando seus pontos fortes e suas limitações;
- Descrição da arquitetura geral de um sistema que permita a expansão das funcionalidades da ferramenta proposta e de outras ferramentas que permitam a construção, manipulação e avaliação de mapas conceituais.

Sendo assim, este artigo irá fornecer uma visão panorâmica das evoluções desta pesquisa, seus resultados intermediários, trabalhos em andamento e futuros. Para isto, este artigo está organizado em outras 4 seções, além desta introdutória, quais sejam: a Seção 2 (Pesquisas em Mapas Conceituais), que apresenta uma revisão das pesquisas relacionadas aos Mapas Conceituais do ponto de vista de sua associação com ferramentas computacionais; a Seção 3 (O *iMap*), que apresenta a arquitetura, funcionamento e objetivos da ferramenta de inferência em mapas conceituais, proposta por esta pesquisa; a Seção 4 (O *CMPaaS*), que descreve a arquitetura computacional, função e os serviços oferecidos pela plataforma, destacando seu potencial de integração de pesquisas e a forma como a ferramenta *iMap* interage com esta plataforma e, por último; a Seção 5 (Considerações Finais), que reforça os alcances desta pesquisa bem como os potenciais trabalhos futuros.

## 1.1 Referencial Metodológico

A natureza deste estudo é classificada como pesquisa aplicada que, segundo Vilaça (2010), tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de “contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade”. As pesquisas aplicadas dependem de dados que podem ser coletados de formas diferenciadas, o que inclui a pesquisa de campo, utilizada nesta pesquisa.

Esta pesquisa tem aspectos descritivos e exploratórios, pois os resultados esperados para o problema definido são traduzidos na descrição e especificação de uma solução para o problema. Isso inclui, obviamente, o detalhamento das ações empregadas no processo e os recursos consumidos por elas. É também uma pesquisa exploratória já que boa parte dos esforços desta pesquisa estavam concentrados no estudo bibliográfico em busca de métodos de avaliação de mapas conceituais adotados por professores e soluções computacionais que se baseiam na interseção entre mapas conceituais e inteligência artificial [14].

Quanto à forma de abordagem do problema, Silva e Menezes (2001) argumentam que uma pesquisa pode

abordar um problema de duas maneiras: quantitativa ou qualitativa. Novamente, esta pesquisa adota as duas formas de abordagem já que a solução proposta tem seus processos e significados descritos e visa aprimorar, de maneira qualitativa, o trabalho docente. É também quantitativa pois baseia-se na quantificação, análise e classificação de dados coletados em campo.

Quanto ao método científico, novamente há uma dupla designação pois, ao mesmo tempo que a pesquisa explora situação e dificuldades vivenciadas pelos próprios autores – caracterizando uma pesquisa Empírica – ela se baseia também em análise de dados e ocorrências envolvendo terceiros, que permitem retirar conclusões gerais acerca do fenômeno estudado – caracterizando uma pesquisa Indutiva.

Os procedimentos técnicos empregados nesta pesquisa incluem os seguintes recursos:

- a pesquisa bibliográfica, na fase de concepção;
- a pesquisa experimental, na fase de elaboração;
- o estudo de caso, na fase de consolidação.

## 1.2 Planejamento

O planejamento desta pesquisa é definido por três fa-

ses distintas e complementares, a saber: Concepção, Elaboração e Consolidação. Os insumos produzidos nas fases antecedentes são consumidos pelas fases precedentes, conforme observado na Figura 2.

Durante a Concepção foram elaboradas algumas hipóteses verificadas por meio de questionários de investigação e da análise e cruzamento de informações presentes na bibliografia científica disponível. Os dados e a revisão bibliográfica nos permitiram, além da validação de hipóteses, uma maior apropriação do problema e a concepção de alternativas para solucioná-lo. Todos os detalhes desta fase estão descritos na seção 2 deste artigo

Passando para a fase de Elaboração na qual, já de posse dos dados da pesquisa e das alternativas para solução do problema, pudemos definir a melhor abordagem para este e especificar a arquitetura básica do sistema proposto. A seção 3 apresenta os detalhes deste sistema.

Na fase de Consolidação, detalhes funcionais da arquitetura especificada na fase anterior puderam ser melhor explorados após análise de relatórios de uso e avaliação produzidos por meio de pesquisas com usuários do sistema. Diversas funcionalidades oferecidas pelo sistema puderam ser aprimoradas e uma nova arquitetura concebida, sendo esta responsável por integrar ferramentas desenvolvidas por outras pesquisas.

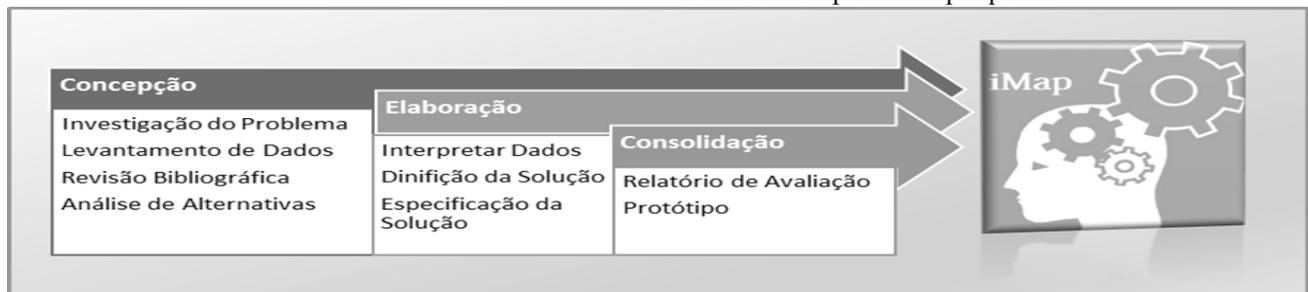


Figura 2: Planejamento das Fases de Pesquisa.

## 1.3 Hipóteses Orientadoras

As hipóteses levantadas ao longo da fase de planejamento e que nortearam o andamento desta pesquisa foram:

- Os professores carecem de ferramentas que permitam a análise e a avaliação de mapas conceituais sem exigir destes a navegação visual do mapa;
- A existência de ferramentas que auxiliem na análise e avaliação de mapas conceituais pode torná-los mais praticáveis no dia-a-dia docente;
- Os conhecimentos presentes em mapas conceituais podem ser utilizados como fonte para alimentar uma base de inteligência de sistemas especialistas;
- Um sistema especialista cuja base de inteligência esteja alimentada com proposições presentes num mapa conceitual pode mediar uma interação por meio de perguntas e respostas;
- Perguntas construídas em linguagem natural podem ser traduzidas para um formato interpretável por sistemas especialistas; e,
- Uma arquitetura orientada a serviços pode favorecer a expansão constante de um sistema para gestão completa de mapas conceituais, ou seja, construção, armazenamento e eliminação.



## 2 Pesquisas em Mapas Conceituais

A utilização de recursos computacionais na promoção e no aprimoramento das práticas educacionais é uma realidade existente em muitas universidades. De fato, diversas pesquisas comprovam que o uso bem direcionado dos recursos computacionais podem proporcionar resultados efetivos na aprendizagem, já que as ferramentas computacionais são mais atrativas e, em muitos casos, acessíveis de qualquer lugar e a qualquer momento [16, 17, 18, 19].

Neste contexto, Carvalho *et al.* (2005) pesquisam o conceito de arquiteturas pedagógicas cujo finalidade é descrever métodos de ensino que integrem ferramentas tecnológicas e educação com o objetivo de causar impactos significativos nos processos de ensino e na aprendizagem. Neste sentido, os Mapas Conceituais se destacam como uma das ferramentas que dão suporte a diferentes abordagens pedagógicas.

### 2.1 Estado da Arte em Mapas Conceituais

Diversas são as aplicações dos mapas conceituais nos processos educacionais [21]. Eles podem ser utilizados, por exemplo, como instrumentos no processo de ensino e aprendizagem [22, 23], como ferramenta para definição de estratégias pedagógicas [24, 25, 26, 27, 28] e como fonte de informação na avaliação de desempenho da aprendizagem teórica por parte dos estudantes [29, 30].

Por isso, pesquisas têm sido realizadas no sentido de ampliar as funções, o aparato ferramental e, consequentemente, a utilização desta ferramenta nos processos de aprendizagem. Há, por exemplo, pesquisadores que estudam maneiras de: ampliar a coesão e a coerência dos conceitos presentes em mapas conceituais [12]; apoiar a construção automática, ou semiautomática, de mapas conceituais [10, 31, 32]; modelar ambientes para o acompanhamento da aprendizagem baseada em mapas conceituais [33]; construir mecanismos de apoio automatizado para avaliação da aprendizagem utilizando mapas conceituais [34]; comparar mapas conceituais utilizando correspondência de grafos [35]; construir ontologias a partir de mapas conceituais utilizando a teoria dos grafos [36, 37]; associar sistemas lógicos e lógica natural aos mapas conceituais para acompanhamento dos processos de conceitualização [38]; utilizar mecanismos de inteligência artificial para favorecer a interação com mapas conceituais [39, 40]; e, realizar verificação sintática e semântica das proposições presentes num mapa conceitual [41].

Observamos, portanto, que há um crescente número de soluções computacionais sendo prototipadas e apresentadas. Na seção 2.2 são apresentadas algumas das ferramentas mais conhecidas que permitem a construção,

gestão e manipulação de mapas conceituais, discutindo algumas limitações e potencialidades comuns a elas.

### 2.2 Estado da Prática em Mapas Conceituais

Devido à sua simplicidade, para construir um mapa conceitual bastaria utilizar lápis e papel, entretanto utilizar apenas estes recursos reduz a produtividade pois complica o reposicionamento e a reorganização do mapa. Além disso, armazenar e gerenciar os mapas construídos pode, a longo prazo, se tornar uma tarefa árdua e cansativa. A soma destes fatores ao crescente número de pesquisas e de novas aplicações dos mapas conceituais na educação e nas grandes corporações despertou rapidamente o interesse dos usuários em aplicações computacionais que auxiliem na construção e gestão de mapas conceituais.

As ferramentas computacionais para trabalhar com mapas conceituais são, em geral, “editores de mapas conceituais” e nesta pesquisa foi realizada um levantamento e análise de muitas soluções anunciadas como tal. As soluções analisadas foram encontradas por meio de mecanismos de buscas na internet (e.g. Google, Yahoo, Bing, etc.) e em revisões sistemáticas em repositórios de artigos científicos. Neste processo, identificamos as 16 soluções mais relevantes para este estudo e, para cada uma delas, seus principais pontos favoráveis e desfavoráveis. Por relevantes para este estudo, nos referimos às soluções que buscam facilitar as operações com representações gráficas do conhecimento. A Tabela 1 sintetiza os resultados desta análise.

No processo de análise percebemos a importância de organizar os conjuntos de sistemas existentes por meio de uma taxonomia, de acordo com o tipo do mapa que é originalmente destinado a produzir. Isto se fez necessário já que há certa confusão por parte dos usuários, e também dos desenvolvedores, das diferenças entre mapas conceituais, mapas mentais, organogramas e memória digital. Assim, utilizamos a seguinte taxonomia para categorizar as soluções computacionais de acordo com seu tipo:

- **MC:** Editores cuja finalidade é construir mapas conceituais.
- **OG:** Editores cuja finalidade é a construção de organogramas e, alternativamente, permitem a representação de conhecimento na forma de mapas conceituais.
- **MM:** Editores cuja finalidade é a construção de Mapas Mentais.
- **MD:** Editor cuja classificação é definida pelos desenvolvedores como memória digital, ou seja, permite o mapeamento de diversos tipos de conhecimento e atividades.

Os mapas conceituais possuem uma característica que os tornam singular em relação às demais formas de representação do conhecimento: a formação de proposições, ou seja, afirmações diretas de unidades de conhecimento contendo, cada uma, dois conceitos conectados por uma frase curta que possua um verbo capaz de estabelecer uma relação semântica entre os conceitos.

Outro ponto importante no processo de análise das ferramentas foi verificar se apresentavam recursos de inteligência artificial que auxiliem os usuários de alguma forma a construir ou analisar os mapas gerados. Assim, constatamos que apenas o CMapTools possui recursos que auxiliam na identificação de conceitos candidatos ao mapa conceitual por meio de um mecanismo orientado por uma inteligência artificial com uma base de conhecimento previamente alimentada [4]. As demais, apesar de possuírem recursos pontuais que auxiliam na navegação e localização de conhecimentos presentes nos mapas, não oferecem recursos que sejam notadamente portadores de Inteligência Artificial.

Ao analisar os sistemas da Tabela 1 percebemos que apenas o CMapTools foi, de fato, destina à construção de

mapas conceituais. As demais ferramentas anunciadas como editores de mapas conceituais possuem finalidade real de construir organogramas, modelagem de processos, mapas mentais e outros tipos de diagramas, mapas e representações visuais de conhecimento. Assim como estes, muitas outras ferramentas de modelagem de processos e organogramas, bem como editores de texto e imagens podem ser utilizados para construir mapas conceituais, mas não oferecem que facilitem este processo, exigindo do usuário um esforço maior na realização de “adaptações”.

No entanto, para as pesquisas direcionadas aos mapas conceituais este é um fato preocupante pois, à exceção do CMapTools, as ferramentas existentes não disponibilizam soluções que facilitem operações específicas com mapas conceituais e um número limitado de recursos. Soma-se a isto o fato de que todas essas soluções são de códigos-fonte fechados, ou seja, suas inovações estão restritas ao grupo específico de seus respectivos desenvolvedores. Da análise destas características concluímos que os professores carecem de soluções computacionais que auxiliem nos processos de análise e avaliação de mapas conceituais.

Nome	Tipo	Prós	Contras
<b>CmapTools v5.06</b>	MC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferece uma plataforma completa para construção e gestão de mapas e serviços de repositório, compartilhamento e construção colaborativa de mapas.</li> <li>- Possui muitos recursos para formatação, multimídia, exportação e importação de mapas.</li> <li>- Possui recursos de IA que auxiliam na construção de mapas conceituais e é oferecido em diversos idiomas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Últimas novas funções oferecidas em 25/07/2010, não apresentando avanços em sentido funcional desde então.</li> <li>- É proprietário e não permite a criação de extensões pela comunidade.</li> </ul>
<b>Bizagi Process Modeler 2.7</b>	OG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possuem recursos que permitem construir, formatar e armazenar mapas conceituais.</li> <li>- Permite a formatação e inserção de elementos multimídia.</li> <li>- Alguns estão disponíveis na Web.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É direcionado para modelagem de Processos e Organogramas, a representação do conhecimento por mapas conceituais é apenas possível.</li> <li>- Não possui recursos de inteligência que facilite operações com mapas conceituais.</li> <li>- São soluções proprietárias que não permitem a criação de extensões pela comunidade.</li> </ul>
<b>XMind 3.3.1</b>			
<b>yED</b>			
<b>VUE</b>			
<b>ExploraTree</b>			
<b>MindMeister</b>	MM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permitem representar conhecimento.</li> <li>- Possuem ferramentas de formatação e multimídia para enriquecimento do mapa.</li> <li>- Alguns estão disponíveis na Web.</li> <li>- MindMeister adota arquitetura orientada a serviços que permite disponibilização e criação de extensões por terceiros.</li> <li>- Alguns permitem a construção coletiva de mapas.</li> <li>- Coogole e iMindMap estão disponíveis para dispositivos móveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Direcionado para a construção de Mapas Mentais.</li> <li>- Não possuem recursos de inteligência que facilitem operações com Mapas.</li> <li>- Maioria não permite a criação de extensões por terceiros, à exceção do MindMeister que permite mas mediante utilização de licença apropriada, e do Mind Map Architect e VYM que são livres e de código aberto.</li> <li>- Software Flo é pobre em recursos para aprimoramento dos mapas.</li> </ul>
<b>WiseMapping</b>			
<b>iMindMap7.0</b>			
<b>FreePlane 1</b>			
<b>Flo 1.1</b>			
<b>Mindomo 5.22</b>			
<b>Mind Map A.</b>			
<b>Coogole</b>			
<b>VYM</b>			



<b>TheBrain 8.0.1.1</b>	<b>MD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permitem a construção de mapas com ligações de diversos tipos de elementos multimídia.</li> <li>- Possui diversas ferramentas para registro de conhecimento, ideias, pessoas e documentos.</li> <li>- Possui alguns recursos de busca avançada por elementos presentes no mapa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é específico para MC's.</li> <li>- Não permite construção de proposições.</li> <li>- Não permitem a criação de extensões pela comunidade.</li> <li>- Não possuem ferramentas de inteligência artificial.</li> </ul>
-----------------------------	-----------	---	--

Tabela 1: Quadro das Características dos Editores atualmente utilizados para construção de Mapas Conceituais

## 2.3 Trabalhos Correlatos

A criação de sistemas que facilitem o processo de consulta a modelos visuais de representação de conhecimento não é novidade na comunidade científica. Diversas pesquisas já foram realizadas neste sentido de modo que apresentaremos nesta seção alguns trabalhos presentes na bibliografia disponível.

### 2.3.1 Triple

O TRIPLE [42] é uma linguagem modelada com o objetivo de realizar consultas, inferências e transformações sobre especificações RDF<sup>1</sup>. As especificações RDF são responsáveis por atribuir valor semântico às trocas de informações na WEB. Essas especificações podem ser descritas na forma de triplas do tipo A(O, V), onde O é o objeto que tem um atributo A e um valor V. Dois exemplos de uso deste formato de especificação são apresentados a seguir:

```
temNome("www.ppgi.inf.ufes.br/estudantes/2012130894",
"Wagner").
```

```
cursa("www.ppgi.inf.ufes.br/estudatens/2012130894",
"www.ppgi.inf.ufes.br/cursos/mestrado").
```

Mas as especificações RDF também podem ser representadas na forma de grafos. A figura 3 apresenta um exemplo de um grafo RDF.

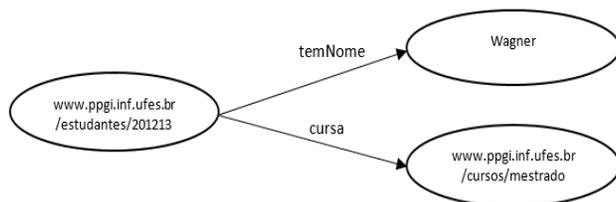


Figura 3: Um Exemplo de Grafo RDF.

Como pode ser observado na Figura 3, as triplas formadas pelos atributos, objetos e valores formam sentenças e podem ser prontamente mapeadas para outras estruturas de dados que permitam integração de sistemas e favoreçam a comunicação, como no exemplo a seguir

<sup>1</sup> **RDF (Resource Description Framework)** – Uma recomendação da W3C - Órgão responsável por difundir padrões para WEB - para descrição de dados a fim de garantir a interoperação na WEB.

onde uma parte do grafo está mapeada para XML:

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns:s="http://description.org/schema">
<rdf:Description about="
www.ppgi.inf.ufes.br/estudantes/2012130894">
<s:temNome>Wagner</s:temNome>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Uma tarefa fundamental na operação do TRIPLE é a transformação de especificações RDF em sentenças num formato (inspirado na sintaxe da linguagem F-Logic<sup>2</sup>) que permite a alimentação da base de conhecimento de um mecanismo de inferências. Esse mecanismo permite a criação de regras para consultas e inferências. O TRIPLE define um conjunto de especificações de operações de baixo nível que podem ser mapeados para consultas utilizando expressões semânticas em diversas linguagens superiores, tais como: Topic Maps, UML, DAML+OIL. Assim, o TRIPLE resulta numa linguagem híbrida, que suporta tanto expressões semânticas quanto regras para inferência.

Esta solução apresenta pontos pertinentes a esta pesquisa uma vez que muitos elementos de sua característica arquitetural é similar à arquitetura aqui proposta. Há no TRIPLE a representação de conhecimento por meio de grafos, o mapeamento destes para sentenças que alimentam uma base de IA que permitam definições de regras de inferência e a utilização de regras de IA para definição de regras de consulta a esta base.

### 2.3.2 Rosa

O ROSA [43] é um repositório de Objetos de Aprendizagem com acesso semântico que permite o gerenciamento de LOs<sup>3</sup>. É utilizado por profissionais da área educacional na preparação e busca de materiais didáticos

<sup>2</sup> **F-Logic**: Uma linguagem dedutiva baseadas em fatos e regras de consulta, similar ao Prolog.

<sup>3</sup> **LO (Learning Object)**: É uma coleção de materiais reutilizáveis que dão suporte ao aprendizado, caracterizados por um conjunto de metadados definidos por um padrão de metadados.

que forneçam subsídios para preparação de suas aulas e/ou conteúdos instrucionais. Com o ROSA, os usuários modelam seus cursos utilizando um Mapa Conceitual que permite ao projetista modelar e visualizar relacionamentos entre os LOs de sua autoria. Um exemplo de mapa de entrada para o ROSA pode ser visto na Figura 4, onde há a definição de alguns LOs utilizados num curso de Sistemas e Computação.

O ROSA inclui uma álgebra bem definida que permite tanto consultar os metadados dos LOs quanto formular consultas com base na semântica das associações, tais como: “Que tópicos são relevantes para o ensino de Banco de Dados?”, ou “Que tópicos compreendem o capítulo de Otimização de Consultas?”.

A pesquisa que deu origem ao ROSA abriu espaço para novas pesquisas que, por sua vez, resultaram de extensões de suas funcionalidades originais, tais como:

- ROSA-QL [43]: Definição de uma Linguagem de Consulta que permite efetuar consultas do tipo *ad-hoc* ao ROSA.
- ROSAI [39]: Uma extensão do ROSA que utiliza a programação lógica para expressar mapas conceituais e regras, implementando herança e propriedades de relacionamentos, permitindo inferência de conhecimento não-explicito sobre sua base de inteligência.
- ROSA+ [44]: Uma extensão do ROSA que visa deduzir conhecimento semântico através de propriedades de relacionamentos e de regras. Baseado na linguagem de ontologia OWL (Ontology Web Language) e na linguagem de regras SWRL (Semantic Web Rule Language), o ROSA+ realiza inferências sobre uma base de dados OWL, recuperando conhecimento não explicitado em sua representação ontológica.

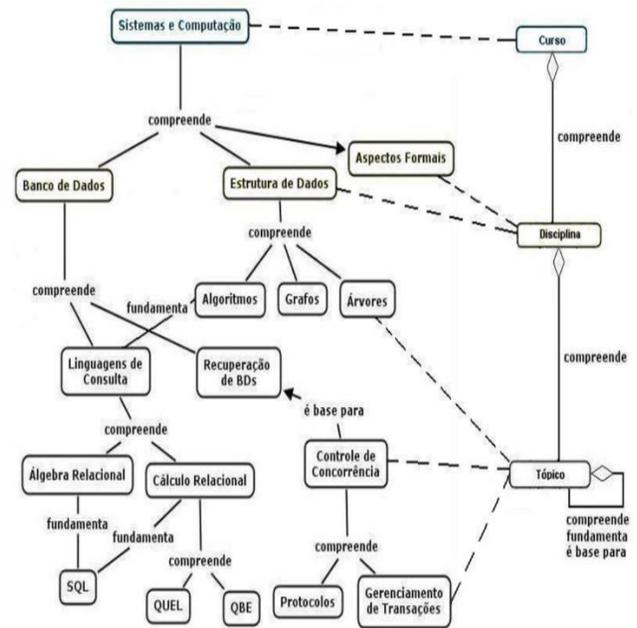


Figura 4: Mapa Conceitual de um curso de Sistemas e Computação [43]

Dadas suas características, consideramos o ROSA e suas extensões os trabalhos correlatos que possuem maior aderência com esta pesquisa. O modelo que será apresentado nas próximas seções deste trabalho possui características que se sobrepõem, em especial, no que diz respeito ao ROSAI, que adota a representação em linguagem lógica para gerar mecanismos de inferências baseados no conhecimento presente nos mapas conceituais.

### 2.3.3 Semantic

O Semantic é uma ferramenta construída como fruto das pesquisas de Bessmertny e Kulagin (2009) que investigam a utilização de redes semânticas como bases de conhecimento topologicamente estruturadas. Suas pesquisas objetivam avaliar a aplicação das redes semânticas como sistemas de treinamentos para a construção de bases de conhecimento destinadas a sistemas especialistas.

A Figura 5 relaciona os principais componentes do Semantic. Como é possível observar, o conhecimento de interesse é estruturado através da construção de uma rede semântica, item a) da figura. A rede então é decomposta em componentes do tipo triplas, seguindo o formato de predicado Subject  $\rightarrow$  Predicate  $\rightarrow$  Object, representado em b). Em seguida, cada predicado é transformado em um fato  $f(\text{subject}, \text{predicate}, \text{object})$  para a base de conhecimento, item c) [46].

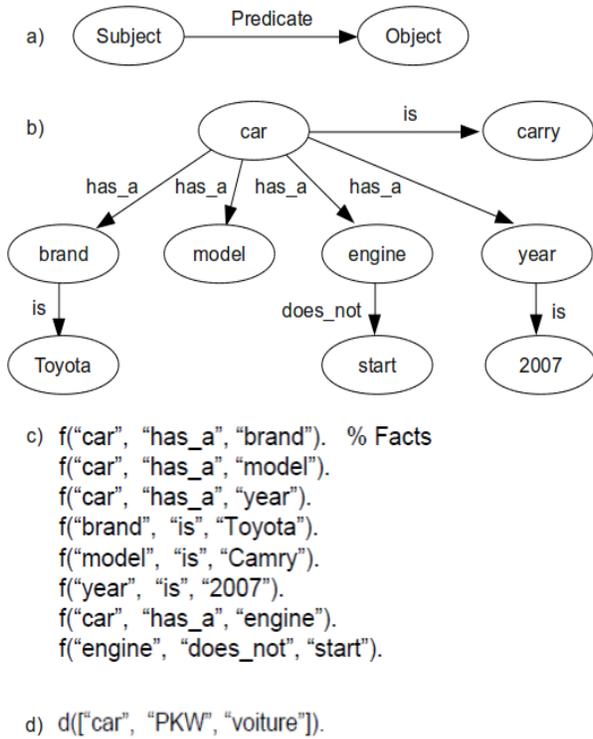


Figura 5 – Uma rede semântica e sua correspondente transformação em fatos para o *Semantic*

Após esta transformação, o *Semantic* possui uma série de regras e uma gramática definida que permitem realizar consultas a essa base de conhecimento em busca de respostas a perguntas do tipo WH-Questions, conjunções e sinônimos definidos na rede semântica. A Figura 6 apresenta um exemplo de uso onde o *Semantic* responde corretamente à pergunta: “What is the seal?”.

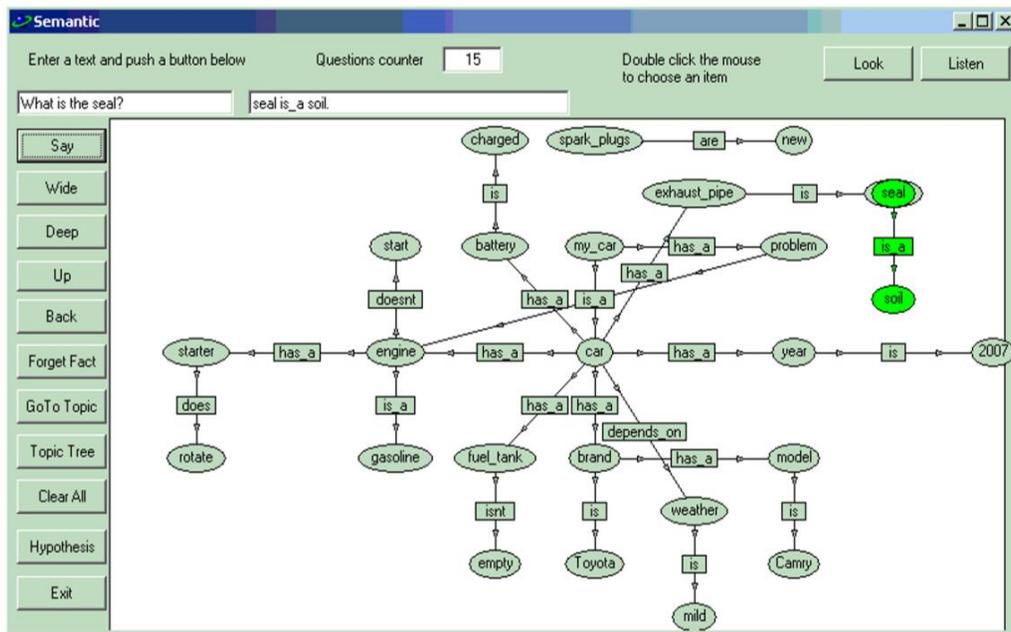


Figura 6 – Respostas obtidas com o *Semantic* [45]

Novamente, diversas características arquiteturas do *Semantic* são correlatas à arquitetura proposta nesta pes-

quisa. Vemos, novamente, características que vão desde a representação de conhecimento por meio de uma ferr-

menta visual e a posterior tradução para fatos numa base de inteligência, até a definição de uma gramática para interpretação de perguntas na realização de consultas a essa base.

Finalizando a seção, podemos afirmar que o conhecimento resultante da análise dos trabalhos correlatos criou as condições para a geração de uma especificação de uma arquitetura conceitual geral para mecanismos de inferências a partir de representações visuais do conhecimento, que apresentaremos na seguinte.

### 3 O *iMap*

O *iMap* é fruto de uma pesquisa cujo objetivo principal é desenvolver uma ferramenta computacional que favoreça a análise do conhecimento presente em mapas conceituais por meio de perguntas e respostas utilizando linguagem natural, adotando técnicas distintas e complementares, tais como: recuperação inteligente de informação, processamento de linguagem natural, sistemas inteligentes, sistemas de perguntas-respostas, dentre outras; a fim de compor uma solução completa que vai desde a análise e interpretação de perguntas realizadas em linguagem natural até a construção de respostas baseadas no conhecimento presente em um mapa conceitual.

Apesar de a criação de sistemas que facilitem o processo de consulta em modelos visuais de representação de conhecimento não ser uma novidade na comunidade científica, dada a existência de soluções tais como TRIPLE [42], ROSA [43] e Semantic [45], consideramos esta pesquisa inovadora e fundamental para a educação já que seu propósito é criar soluções computacionais que auxiliem docentes e alunos nos processos de ensino e aprendizagem apoiados por mapas conceituais.

Em engenharia de software, para distinguir a especificação funcional da implementação do sistema utilizamos, com frequência, os termos “O quê?” e “Como?”, respectivamente. Por definir “O quê?” empenhamo-nos em descrever as funcionalidades do sistema e as possíveis interações com o usuário. Já o “Como?” relaciona-se às funcionalidades que serão implementadas (técnicas e tecnologias adotadas na codificação de um algoritmo) [47]. Nesta seção apresentaremos uma visão panorâmica de “O quê?” o sistema deve fazer e “Como?” ele o faz.

#### 3.1 “O quê?”

O início do desenvolvimento de um sistema computacional consiste basicamente em processos que permitem conhecer os detalhes do funcionamento e do fluxo de operações que este irá realizar, ou seja, a sequência de

passos para sua utilização e o comportamento esperado por parte do sistema. A Figura 7 apresenta uma visão geral da arquitetura projetada para o *iMap*, apontando as principais funções do sistema e as interações com seus respectivos atores.

Na parte superior da Figura 7 é possível identificar os atores (Autor e Avaliador) e as interfaces de interação com o sistema, quais sejam:

- **Editor de Mapas:** Utilizado pelo autor para composição de mapas conceituais.
- **Interface de Consulta:** Utilizado pelo avaliador de mapas para composição de perguntas em linguagem natural e visualização das respostas.

Já na parte inferior da Figura 7 são apresentados os componentes fundamentais de funcionamento do sistema. Em síntese, esses componentes e suas funções são:

- **Tradutor de conhecimento:** Responsável por traduzir o conhecimento presente no mapa numa representação formal e enriquecer a base de conhecimento do sistema especialista.
- **Sistema Especialista:** Responsável pela produção das respostas às consultas realizadas.
- **Tradutor de Perguntas:** Responsável pela interpretação das perguntas construídas em linguagem natural para uma pergunta de correspondência exata (ou aproximada) para o Sistema Especialista. Seus sub-processos são:
  - **Processador PLN:** Utiliza o *WordNet* para expandir a pergunta e aumentar as chances de identificar o conhecimento presente no mapa e realiza marcações sintáticas de forma a tornar possível a identificação dos parâmetros necessários para interpretação da pergunta.
  - **Validador:** Responsável por extrair os parâmetros presentes da pergunta e, utilizando a Gramática (escrita no formato **BNF**), verificar se a pergunta possui características estruturais que a tornem interpretáveis pelo sistema.
  - **Solucionador:** Utiliza a Tabela de Correspondência (especificada manualmente) para identificar, fornecer parâmetros e acionar a execução das regras de inferência correspondentes à pergunta realizada.

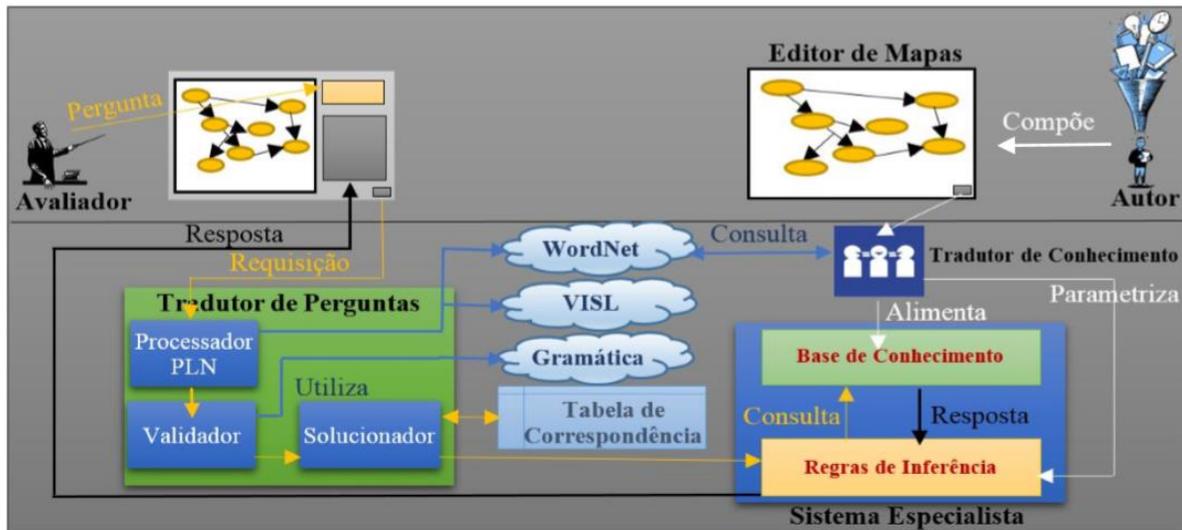


Figura 7 – Arquitetura Geral do iMap

### 3.1 “Como?”

Uma vez compreendido “o que” se espera do sistema computacional projetado, segue-se à etapa de implementação onde a questão fundamental passa a ser “como?” atender às necessidades e os desafios impostos pelo desenvolvimento do sistema.

Por se tratar de um sistema complexo, seu desenvolvimento se deu de forma incremental. Assim, a versão inicial do iMap [40] esteve focada no desenvolvimento de um editor de mapas conceituais e de um tradutor de conhecimento para composição de uma base de conhecimento e na definição de regras de inferências utilizadas pelo Sistema Especialista para extração de respostas.

Adotamos o *Prolog*<sup>1</sup> como motor de inferências do Sistema Especialista. Assim, a responsabilidade do tradutor de conhecimento foi transformar o conhecimento presente nos Mapas Conceituais em fatos (lógica de primeira ordem no padrão Prolog) para compor a base de conhecimento do sistema. A Figura 8 apresenta “o que” se espera deste processo.

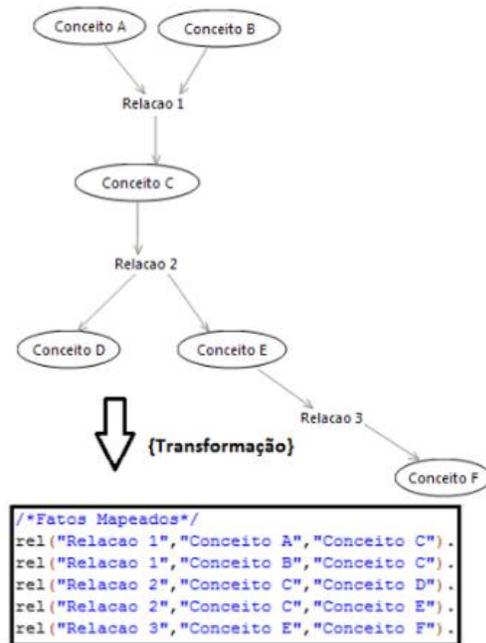


Figura 8 – Arquitetura Geral do iMap

Esse processo foi implementado utilizando técnicas de MDD (*Model Driven Development*), mais especificamente utilizando uma linguagem específica para realização de transformações de modelos visuais em textos, conhecida como *Acceleo*<sup>2</sup>. A Figura 9 permite uma visão panorâmica de “como” essa transformação é realizada.

<sup>1</sup> *Prolog*: É uma linguagem de programação que se enquadra no paradigma de Programação Lógica. É de uso geral e especialmente associada a inteligência artificial e linguística computacional.

<sup>2</sup> *Acceleo*: É uma implementação programática da OMG (*Object Management Group*) para realização de transformações MTL (*Model to Text*).

```

generate.prolog
[comment encoding = UTF-8 /]
[module generate('http://www.cmpaas.ufes.br/imap')]
[template public generateElement(aMapaConceitual : MapaConceitual)]
[comment #main/]
[File ('FILEO.pl', false, 'UTF-8')]
/* FATOS MAPPADOS */
[for (element : Componentes | aMapaConceitual.elementos)]
[if (element.oclIsTypeOf(Relacao))]
[for (origin : Conceito | element.oclAsType(Relacao).origem)]
[for (target : Conceito | element.oclAsType(Relacao).alvo)]
rel(['origin.descricao/', 'element.descricao/'], ['target.descricao/']).
[/for]
[/if]
[/for]

/* REGRAS PARA CONSULTA */
primeiraOrdemDireta(ConceitoA, ConceitoB) :-
rel(ConceitoA, _ConceitoB).
primeiraOrdemInversa(ConceitoA, ConceitoB) :-
primeiraOrdemDireta(ConceitoB, ConceitoA).
existeRelacaoDireta(ConceitoA, ConceitoB) :-
primeiraOrdemDireta(ConceitoA, ConceitoB) ;
primeiraOrdemInversa(ConceitoA, ConceitoB).
    
```

Figura 9 – Regras de Transformação do *Acceleo*.

A Figura 10 apresenta um mapa conceitual construído no editor de mapas do *iMap*.

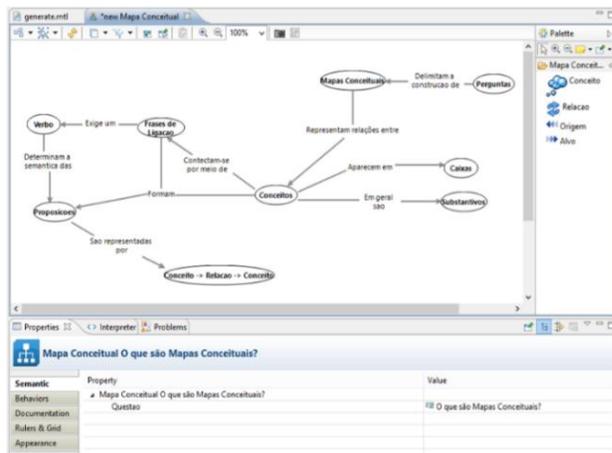


Figura 10 – Mapa Conceitual construído no editor de Mapas do *iMap*.

A Figura 11 apresenta as respostas produzidas pelo mecanismo de inferência às seguintes perguntas (traduzidas manualmente para o padrão Prolog): (a) Existe relação direta entre os conceitos “Verbos” e “Proposicoes”? (b) Existe alguma relação entre os conceitos “Caixas” e “Substantivos”? (c) Quais conceitos o aluno identificou a partir do conceito “Verbos”? (d) Para o aluno, quais conceitos levam ao completo entendimento do conceito “Frases de Ligacao”? (veja Figura 10).

```

SWI Prolog: Default Process (Prolog)
8 ?- existeRelacaoDireta('Verbo', 'Proposicoes').
true
(A)

SWI Prolog: Default Process (Prolog)
9 ?- existeRelacao('Caixas', 'Substantivos').
false.
10 ?- |
(B)

11 ?- todoDestino('Verbo', ['Verbo'], X).
X = 'Proposicoes' ;
X = 'Conceito -> Relacao -> Conceito' ;
false.
(C)

12 ?- todaOrigem(X, ['Frases de Ligacao'], 'Frases de Ligacao').
X = 'Conceitos' ;
X = 'Mapas Conceituais' ;
X = 'Perguntas' ;
false.
(D)
    
```

Figura 11 – Perguntas e Respostas produzidas pelo *iMap*.

Por meio da Figura 11 é possível perceber que a principal limitação apresentada na versão inicial do *iMap* é fruto da não implementação do Tradutor de Perguntas (Vide Figura 7). Nesta versão, o processo de tradução era realizado pelo próprio usuário e, como é possível perceber, o padrão esperado pelo mecanismo de inferência exigia do usuário final o conhecimento de regras de sintaxe e semântica específicas da linguagem Prolog. É natural, portanto, que as evoluções desta pesquisa caminhassem no sentido de explorar esta limitação e, de fato, a versão seguinte do *iMap* [48] apresentou resultados da implementação do PLN-*iMap* (Processador de Linguagem Natural) que objetivou facilitar a interação dos usuários finais com o sistema realizando automaticamente as traduções das perguntas em regras para o motor de inferências.

A Figura 12 sintetiza a ideia de como era (a) o fluxo de interações dos usuários com o *iMap* em sua versão inicial e como passou a ser (b) na versão seguinte. Definindo novamente “o que” se esperava do sistema.

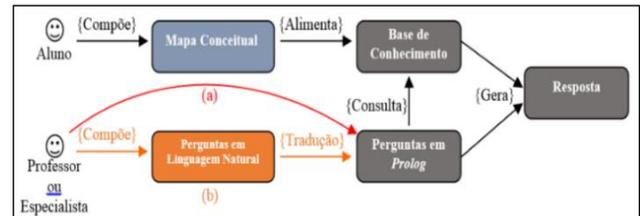


Figura 12. Interações na arquitetura (a) original (b) evoluída do *iMap*.

A arquitetura funcional do PLN-*iMap* é composta por dois elementos principais e três recursos funcionais. A Figura 13 demonstra “como” eles interagem entre si.

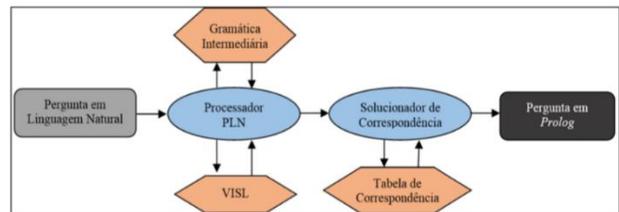


Figura 13. Processos e Recursos do PLN-*iMap*.

Em resumo, as funções dos componentes e recursos do PLN-*iMap* são:

- **Processador PLN:** Responsável pela tradução inicial de uma pergunta em linguagem natural para uma pergunta em gramática intermediária.
- **Solucionador de Correspondência:** Recebe a pergunta em gramática intermediária e extrai informações estruturais necessárias para identificação de perguntas no padrão Prolog utilizando uma tabela de correspondência.



- **VISL:** Realiza marcações sintáticas para identificação dos elementos estruturais constituintes da pergunta.
- **Gramática Intermediária:** Utilizada para reduzir o gap semântico existente entre as linguagens origem e destino do processo de tradução.
- **Tabela de Correspondência:** Fornece as características estruturais das perguntas as quais o sistema inteligente é capaz de responder.

Assim, a versão final do *iMap* permite ao usuário uma interação humanizada com o sistema utilizando linguagem natural. O sistema realiza a tradução e executa as regras solicitadas pelo usuário, como pode ser observado na Figura 14.

Pergunta:	Existe relação entre os conceitos Conceitos e Verbo?
	<input type="button" value="Traduzir"/>
Possíveis Traduções:	existeRelacao('Conceitos', 'Verbo'). existeRelacaoDireta('Conceitos', 'Verbo').
	<input type="button" value="Executar"/>
Resultados:	False.

Figura 14. Interações em Linguagem natural utilizando o PLN-*iMap*.

## 4 O Projeto *CMPaaS*

Uma vez concluída as etapas necessárias ao desenvolvimento e testes do *iMap*, passamos a especificar uma plataforma para a integração deste serviço com outros serviços desenvolvidos por diferentes pesquisadores que desenvolvem soluções computacionais para auxílio às operações com mapas conceituais. Assim, a questão que passou a nortear esta pesquisa foi: “Como o serviço desenvolvido pode ser integrado com outras diversas soluções existentes e que podem vir a existir?”.

Assim, as investigações desta pesquisa culminaram com a especificação de uma plataforma para gestão completa de mapas conceituais, a qual denominamos *CMPaaS* (*Concept Maps Platform as a Service*) [49]. O projeto de sua arquitetura adota o padrão SOA<sup>1</sup> que tem como uma de suas características fundamentais a capacidade de promover integração. O que, na prática, significa dizer que novos serviços, que estendem as funcionalidades dos serviços oferecidos pelo *CMPaaS*, podem ser

<sup>1</sup> **SOA (Service Oriented Architecture):** É um estilo de arquitetura de software cujo princípio fundamental prega que as funcionalidades implementadas pelas aplicações devem ser disponibilizadas na forma de serviços.

desenvolvidos e disponibilizados por qualquer pessoa, em qualquer parte do mundo. E é justamente a promoção de um cenário de colaboração e de integração a principal aspiração deste projeto.

O Projeto *CMPaaS* inclui a especificação de uma interface de uso dos serviços oferecidos pela plataforma que permite acesso gratuito a todas as funcionalidades projetadas para a plataforma. Esta interface recebeu o nome de Portal do Conhecimento [50]. A Figura 15 permite uma visão panorâmica de como o Portal do Conhecimento e a plataforma *CMPaaS* interagem e a Figura 16 como outros desenvolvedores podem integrar seus próprios serviços e portais ao *CMPaaS*.

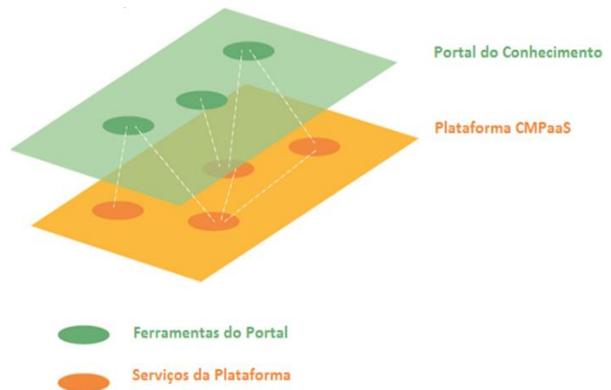


Figura 15. Integração do Portal do Conhecimento com a Plataforma.

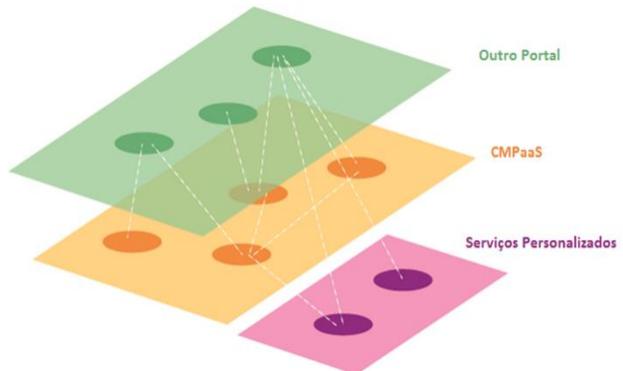


Figura 16. Integração de Serviços Externos à Plataforma.

Concebido com o objetivo de promover a integração entre diversos serviços computacionais frutos de pesquisas relacionadas ao uso de mapas conceituais, além de contar com o serviço do *iMap*, atualmente, estão sendo pesquisados e integrados ao *CMPaaS* os seguintes serviços:

- Serviço de edição e repositório de mapas conceituais [33];
- Serviço de comparação de mapas [35];
- Serviço de mesclagem de mapas conceituais [51];

- Serviço de geração de mapas conceituais de forma automatizada [10, 31, 32, 52];
- Serviço de verificação sintática e semântica para mapas conceituais [41];
- Serviço de ontologias a partir de mapas conceituais [37]; e,
- Serviço de representação automática das classes de conhecimento definidas por Piaget [53].

A Figura 17 permite compreender como ocorre a integração entre os diversos projetos desenvolvidos pela comunidade acadêmica envolvida no projeto e, também, como as fronteiras impostas pela pesquisa são rompidas, permitindo o desenvolvimento e integração de serviços produzidos pela comunidade externa.

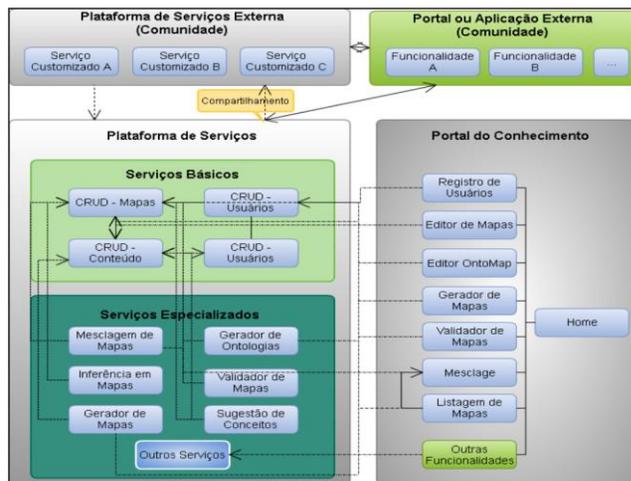


Figura 17. Arquitetura conceitual do Projeto CMPaaS. [50]

Na parte inferior da Figura 17 mostra a Plataforma de Serviços e o Portal do Conhecimento. A Plataforma de Serviço consiste de uma coleção de *WebServices* que realizam tarefas fundamentais do projeto, ou seja, consiste dos processos operacionais para criação, atualização, leitura e exclusão de mapas conceituais e dados de usuários, além de outros Serviços Especializados. Já o portal do conhecimento, caracteriza-se como uma interface de interação entre os usuários finais e os serviços oferecidos na plataforma.

Cada projetista de serviço é responsável por produzir uma interface que favoreça a interação com o serviço produzido na plataforma, o conjunto de serviços desenvolvidos internamente foi batizado como Portal do Conhecimento. Já a parte superior da figura demonstra que os serviços internos da Plataforma podem ser explorados por uma plataforma desenvolvida pela comunidade externa, para estender suas funções, ou consumidas por um Portal também customizado por eles. Isso é vantajoso para a comunidade, pois serviços básicos podem ser reaproveitados, evitando trabalhos desnecessários e economizando tempo de desenvolvimento que podem ser concentrados nos serviços finais que são de seu real interesse. Ou seja, num dado instante, um Portal desenvolvido por qualquer outra instituição pode estar oferecendo serviços da plataforma do projeto CMPaaS e estendendo suas funções com serviços próprios, que são de seu exclusivo interesse.

A Figura 18 apresenta parte da página inicial do Portal do Conhecimento, a principal interface de interação com os serviços oferecidos pela plataforma CMPaaS.



Figura 18. Página Inicial do Portal do Conhecimento. [50]

## 5 Considerações Finais

Esse artigo apresentou o *iMap*, um sistema de perguntas-resposta dotado da capacidade de realizar inferências em mapas conceituais para facilitar o processo de análise e acompanhamento da aprendizagem conceitual. Sua organização na forma de projeto arquitetural (“o quê?”) e implementações (“como?”) permite um vislumbre de como este sistema foi pensado e desenvolvido ao longo de toda esta pesquisa.

Além de apresentar o *iMap*, este artigo dá detalhes arquiteturais da plataforma orientada a serviços denominada *CMPaaS*, que disponibiliza gratuitamente, a todos aqueles que lidam com a educação, diversas ferramentas para uso de mapas conceituais. Além disso, para os desenvolvedores interessados no assunto, o *CMPaaS* permite adicionar novas ferramentas que ainda não figurem na sua lista de serviços, favorecendo a integração de novos e a expansão dos serviços para mapas conceituais, incluindo o *iMap*. Sendo assim, a plataforma favorece a expansão das aplicações e das abordagens de uso dos mapas conceituais.

Os trabalhos futuros desta pesquisa caminham em ambos os sentidos investigados aqui – no serviço *iMap* e nas soluções oferecidas pela plataforma *CMPaaS*. Para o *iMap* os trabalhos futuros incluem:

- definição da gramática intermediária livre de contexto para validação de perguntas em Linguagem Natural;
- aprimoramento do mecanismo de tradução de perguntas para obtenção de melhores resultados do processo de tradução;
- investigação por meio de testes de revocação e precisão para avaliação da capacidade e evolução do processo de tradução;
- criação e avaliação de mecanismo de avaliação do processo de tradução, permitindo aos docentes avaliarem a precisão do sistema por fornecerem feedback quanto aos resultados apresentados;
- análise e investigação junto a docentes para criação de novas regras para inferência em mapas conceituais; implementação e utilização do *WordNet* no processo de tradução e de alimentação da base de conhecimento do sistema inteligente;
- evolução da arquitetura para permitir utilização em outros idiomas; modularização e integração dos serviços do *iMap* ao *CMPaaS*, e;
- investigação de resultados práticos da aplicação do *iMap*.

Quanto ao *CMPaaS*, os trabalhos futuros estão empe-

nhados no desenvolvimento e na integração dos serviços listados na seção 4 deste artigo e na identificação de novos serviços que culminem em pesquisas e no desenvolvimento de serviços que expandam as funções oferecidas atualmente pela plataforma a fim de facilitar os processos de ensino aprendizagem com apoio de mapas conceituais.

## Referências

- [1] J. D. Novak, A. J. Cañas. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. IHMC, 2008. <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps>.
- [2] J. D. Novak, B. D. Gowin. Learning How to Learning. 1ed. Ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 1984.
- [3] I. M. Dutra, L. Fagundes, A. J. Cañas. Uma proposta de uso de mapas conceituais para um paradigma construtivista da formação de professores a distância. *Anais do X WIE – Workshop sobre Informática na Escola*, 2004.
- [4] A. J. Cañas. M. Carvalho. Concept Maps and AI: an Unlikely Marriage? *Anais do SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Manaus - AM.: 2004. p. 1-10.
- [5] D. P. Ausubel. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune and Stratton, 1963.
- [6] D. P. Ausubel. Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- [7] J. Piaget, R. Garcia. Psicogenesis y historia de la ciencia [Psychogenesis and the history of science] (7th ed.). Mexico City, Mexico: Siglo Veintiuno Editores, 1996.
- [8] I. M. Dutra, C. A. Piccinini, L.A.S. Souza, B.G. Costa, M. B. P. Estrázulas. Desenho de uma Metodologia de Intervenção a Distância para Apropriação e Uso dos Mapas Conceituais em Atividades Educacionais. *RENTE*, v. 5, p. 1-10, 2007.
- [9] T. B. Gava, C. S. Menezes, D. Cury. Aplicações de mapas conceituais na educação como ferramenta metacognitiva. [http://www.geografia.ufflch.usp.br/posgraduacao/apoio/apoio\\_raffo/flg5052/aula\\_1/AplicacoesdeMapasconceituaisnaEducao.pdf](http://www.geografia.ufflch.usp.br/posgraduacao/apoio/apoio_raffo/flg5052/aula_1/AplicacoesdeMapasconceituaisnaEducao.pdf), 1999.
- [10] J. H. Kowata, D. Cury, M. C. S. Boeres. Caracterização das Abordagens para Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais. *Anais do XX SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Florianópolis, SC – Brasil, 2009.
- [11] R. Kremer. Concept Mapping: Informal to Formal. *University of Calgary - Publications*, 1994.
- [12] E. F. Ribeiro, C. S. Menezes, O. L. Tavares, D. Cury. Um estudo sobre o incremento da Coesão e Coerência (Expressividade) em Mapas Conceituais. *Anais do XVI SBIE: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Juiz de Fora, MG - Brasil. p. 233-242, 2011.
- [13] M. L. Vilaça. Pesquisa e Ensino: Considerações e Reflexões. 2nd. ed. [S.l.]: Revista Escrita, v. I, 2010.
- [14] A. C. Gil. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1999.
- [15] E. L. Silva, E. M. Menezes. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.
- [16] A. F. U. Mansur, R. A. Carvalho, M. C. V. Biasuz. Use of social networks and complexity for enhancement of learning academic in supervised internships: An internalization by doing. *XVIII Conferência Internacional sobre Informática na Educação*. Porto Alegre: TISE'13. 2013.
- [17] F. Vera, R. Fuentes, R. Rivera. Learning physics with video nalysis. *Conferência Internacional sobre Informática na Educação*. Porto Alegre: TISE'13, 2013.
- [18] G. Barcelos, S. F. Batista. Uso de aplicativos em tablets no estudo de sistemas lineares: percepção de licenciandos em Matemática. *Conferência Internacional sobre Informática na Educação*. Porto Alegre: TISE'13. 2013.
- [19] A. B. Prieto, R. Chrobak, E. Chrobak. Webquest and concept maps to learn about waves. *Congresso Internacional de Informática Educativa*. Santiago de Chile: TISE'12. 2012.
- [20] M. L. S. Carvalho, R. A. D. Nevado, C. S. Menezes. Arquiteturas Pedagógicas para Educação a Distância: Concepções e Suporte Telemático. *Anais do XVI SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Juiz de Fora - MG – Brasil, 2005.
- [21] M. A. Moreira, B. Buchweitz. Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1993.



- [22] A. O. Alves, F. C. Pereira, A. Cardoso. Automatic Reading and Learning from Text. *International Symposium on Artificial Intelligence*. Fort Panhala (Kolhapur), India: ISAI'2001. 2001. p. 302-310.
- [23] R. R. Clariana, R. Koul. A Computer-Based Approach for Translating Text into Concept Map-Like Representations. *International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain: CMC'04. 2004. p. 125-133.
- [24] S. M. Bai, S. M. Chen. Automatically constructing concept maps based on fuzzy rules for adapting learning system. *Expert Systems with Applications*, v. 1, p. 41-49, 2008. ISSN: 0957-4174.
- [25] T. H. Chang, H. P. Tam, C. H. Lee, Y. T. Sung. Automatic Concept Map Constructing using top-specific training corpus. *Asia-Pacific Educational Research Association Board Meeting*. Singapore: Proceedings of APERA'2008.
- [26] N. S. Chen, Kinshuk, C. W. Wei, H. J. Chen. Mining e-Learning domain concept map from academic articles. *Computer & Education*, v.50, n.3, 1009-1021, 2008, ISSN: 0360-1315.
- [27] C. H. Lee, G. G. Lee, L. Yungho. Application of automatically constructed concept map of learning to conceptual diagnosis of e-learning. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 2, p. 1675-1684, 2009. ISSN: 0957-4174.
- [28] S. S. Tseng, P. C. Sue, J. M. Su, J. F. Weng, W. N. Tsai. A new approach for constructing the concept map. *Computers & Education*, v. 49, n. 3, p. 691-707, 2007. ISSN: 0360-1315.
- [29] V. Graudina, J. Grundspenkis. Concept Map Generation from OWL Ontologies. *Third International Conference on Concept Mapping*. Tallin, Estonia & Helsinki, Finland: Proceedings of CMC'08. 2008.
- [30] J. J. Villalon, R. A. Calvo. Concept Map Mining: A definition and a framework for its evaluation. *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*. [S.l.]: Proceeding of ICWIIAT. 2008. p. 357-360.
- [31] J. H. Kowata, D. Cury, M. C. S. Boeres. Uma abordagem computacional para construção de Mapas Conceituais. *Anais do XXI SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. João Pessoa, PB, 2010.
- [32] J. H. Kowata, D. Cury, M. C. S. Boeres. Construindo Mapas Conceituais a partir de Textos: Uma abordagem computacional aplicada à Língua Portuguesa do Brasil. *Anais do XXII SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Aracaju, Sergipe – Brasil, 2011.
- [33] P. S. Santos JR, C. S. Menezes, D. Cury. Um Ambiente para Acompanhamento da Aprendizagem baseado em Mapas Conceituais. *Anais do SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Juiz de Fora – MG - Brasil. 2005.
- [34] A. M. T. Araujo, C. S. Menezes, D. Cury. Apoio Automatizado à Avaliação da Aprendizagem Utilizando Mapas Conceituais. *Anais do SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Rio de Janeiro, RJ - Brasil. 2003. p. 183-191.
- [35] F. Lamas, M. C. S. Boeres, D. Cury, C. S. Menezes, R. Aragon. Comparando mapas conceituais utilizando correspondência de grafos. *Anais do SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2005, Juiz de Fora, MG.
- [36] A. Zouaq, D. Gasevic, M. Hatala. Unresolved Issues in Ontology Learning. *Canadian Semantic Web Symposium*. Vancouver, Canada: Proceedings of CSWS. 2011. Position Paper.
- [37] G. N. Pinotte, D. Cury, A. Zouaq. OntoMap: De Mapas Conceituais a Ontologias OWL. *XX Congresso Internacional de Informática Educativa*. Santiago, Chile. Anais do TISE'2015.
- [38] I. M. Dutra, C. A. Piccinini, J. L. Becker, S. P. Johann, L. C. Fagundes. Blog, wiki e mapas conceituais digitais no desenvolvimento de Projetos de Aprendizagem com alunos do Ensino Fundamental. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 4, p. 1-8, 2006.
- [39] F. Handrick. ROSAI: Uma Proposta de Representação do Modelo ROSA em Linguagem Lógica. Rio de Janeiro, RJ: IME - Instituto Militar de Engenharia, 2005. Dissertação de Mestrado.
- [40] W. de A. Perin; D. Cury. Construindo Mapas Conceituais utilizando a abordagem iMap. In: Congresso Internacional de Informática Educativa, 2012, Santiago. Anais do Evento, 2012. v. 1. p. 108-113.
- [41] D. V. Assis; W. de A. Perin; G. A. Vassoler; D. Cury. VMap – Caracterização de uma Abordagem Computacional para Verificação Sintática de Mapas Conceituais. In: Sixth International Conference On Concept Mapping, Santos – SP. Conference Proceedings, 2014.

- [42] M. Sintek, S. Decker. TRIPLE - A Query, Inference, and Transformation Language for the Semantic Web. *First International Semantic Web Conference*. Londres - UK: Proceedings of ISWM '02. 2002. p. 364-378
- [43] F. M. Porto, A. M. C. Moura, A. P. Fernandez, A. Fernandes, F. J. C. da Silva, G. H. B. Campos. ROSA: A Data Model and Query Language for e-Learning Objetcs. *I PGL Database Research Conference*. Rio de Janeiro, RJ, Brazil: Proceeding of PGLDB'2003.
- [44] D. Mattos, A. M. D. C. Moura, M. C. Cavalcanti. ROSA+: Um Repositório de Objetos de Aprendizagem com Suporte a Inferência e Regras. *XXI Simpósio Brasileiro de Banco de Dados*. Florianópolis, SC, Brasil: Proceedings of XXI SBIE. 2006.
- [45] I. Bessmertny, V. Kulagin. Semantic Network as a Knowledge Base in Training System. Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics Saint Petersburg, Russia, 2009.
- [46] E. L. F. Ribeiro. O aumento da força dos conceitos em Mapas Conceituais. Vitória, ES, Brasil: UFES - Universidade Federal do Espírito Santo, 2012. Dissertação de Mestrado.
- [47] R. Studer, V. R. Benjamins, D. Fensel. Knowledge engineering: principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, v. 25, n. 1-2, 161 197, 1998.
- [48] W. de A. Perin; D. Cury. NLP – iMap: Integrated Solution Based On Question-Answer Model In Natural Language For An Inference Mechanism In Concept Maps. In: *Sixth International Conference On Concept Mapping – CMC'14*, Santos – SP. Conference Proceedings, 2014.
- [49] D. Cury; W. de A. Perin; P. S. Santos JR. CMPaaS – A Platform of Services for Construction and Handling of Concept Maps. In: *Sixth International Conference On Concept Mapping – CMC'14*, Santos – SP. Conference Proceedings, 2014.
- [50] W. de A. Perin; D. Cury. Uma Plataforma de Serviços para Mapas Conceituais. *XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Uberlândia, MG, Brasil: Anais do XXVII SBIE, 2006.
- [51] G. A. Vassoler; W. de A. Perin; D. Cury. MERGEMAPS – A Computational Tool For Merging of Concept Maps. In: *Sixth International Conference On Concept Mapping*, Santos – SP. Conference Proceedings, 2014.
- [52] C. Z. Aguiar, D. Cury, T. Gava: Uma Abordagem Tecnológica para a Construção de Mapas Conceituais. *XX Congresso Internacional de Informática Educativa*. Santiago, Chile. Anais do TISE'2015.
- [53] P. T. G. Rios, D. Cury, I. M. Dutra. Automatizando uma argumentação construtivista por meio dos mapas conceituais. *XX Congresso Internacional de Informática Educativa*. Santiago, Chile. Anais do TISE'2015.