

VMAP: CARACTERIZAÇÃO DE UMA ABORDAGEM PARA VERIFICAÇÃO SINTÁTICA E SEMÂNTICA DE MAPAS CONCEITUAIS

Daniel V. de Assis, Wagner de A. Perin, Davidson Cury & Geraldo A. Vassoler, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Email: danieldeassis@gmail.com

Resumo. A criação de mecanismos de inteligência artificial alimentados por mapas conceituais tem aumentado a cada dia e, ao mesmo tempo, as exigências de maior formalismo na concepção desses mapas. Nesse artigo são discutidos parâmetros formais para concepção de mapas conceituais consistentes, em sentido computacional, bem como discutir os impactos do formalismo frente à flexibilidade dos mapas e descrever a estrutura conceitual de uma ferramenta que realize a verificação sintática e semântica de mapas conceituais no seu processo de concepção.

Keywords: Mapas Conceituais, Semântica, Inteligência Artificial.

1 Introdução

Mapas Conceituais são representações gráficas do conhecimento de uma pessoa, ou de um grupo de pessoas num dado momento e domínio. Consistem em um conjunto de conceitos designados por um nome que são geralmente incluídos dentro de círculos ou caixas conectadas por arcos que especificam a relação entre eles (Cañas *et al.*, 2005). São construídos de maneira tal que os conceitos e suas relações carreguem significados claros e evidentes, tais relações estabelecem proposições que transmitem uma mensagem e ampliam a significação semântica do mapa. O mapeamento conceitual é útil na representação de conhecimento, no apoio à decisão, na educação, na documentação, no suporte às pautas de reuniões, na organização de palestras, em brainstormings, dentre outras atividades e áreas de aplicações (Kremer, 1994). Essa pesquisa, no entanto, está interessada nas aplicações de mapas conceituais para representação do conhecimento voltadas às práticas educacionais.

Há atualmente diversos pesquisadores empenhados em aprimorar e criar técnicas e ferramentas que facilitem a utilização dos mapas conceituais por docentes em suas abordagens pedagógicas de modo a facilitar processos de criação e edição de seus mapas conceituais e, ao mesmo tempo, de avaliação e acompanhamento da aprendizagem (Perin *et al.*, 2012).

É importante destacar, no entanto, que a maioria das soluções desenvolvidas pelos pesquisadores partem de um princípio básico comum: de que os mapas conceituais que utilizam como entradas para execução de suas tarefas, ou serviços, atendem a todos as diretrizes básicas características dos mapas conceituais, no estilo Novakiano¹. Ou seja, muitas dessas soluções não se comportam adequadamente quando alimentados por mapas conceituais que não atendam, a rigor, alguns poucos aspectos formais em sua construção.

Sendo assim, essa pesquisa tem por objetivo investigar, categorizar e discutir as aplicações formais e não formais dos mapas conceituais. Pretende-se levantar os aspectos formais que são essenciais para a construção de mapas conceituais computacionalmente interpretáveis, caracterizando uma abordagem de verificação sintática e semântica de mapas conceituais para o *CMPaaS*², que irá auxiliar no processo de concepção dos mapas conceituais evitando os erros mais comuns, que também são analisados nessa pesquisa.

Para isso, esse artigo está organizando em seis seções, incluindo essa seção introdutória. A seção 2 apresenta uma investigação das principais aplicações dos mapas conceituais e discute as necessidades de formalismo em suas representações. A seção 3 apresenta uma investigação dos aspectos formais de mapas conceituais que são essenciais para mecanismos de Inteligência Artificial (IA), bem como apresenta resultados de uma investigação de ocorrências de falhas na concepção de mapas conceituais. A seção 4 descreve os

¹ Uma referência a Joseph Donald Novak, quem concebeu os Mapas Conceituais.

² *CMPaaS* (Concept Map Platform as a Service), uma plataforma de serviços para Mapas Conceituais que está sendo modelo e desenvolvido pelo Departamento de Informática da Universidade Federal do Espírito Santo (Cury *et al.*, 2012).

princípios norteadores do *VMap*, seu escopo de atuação e sua integração à plataforma *CMPaaS* e, por último, a seção 5 que apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2 Mapas Conceituais e suas Aplicações Formais e Não Formais

Na educação, quando conceitos e relações são escolhidos cuidadosamente pelos estudantes, os mapas por eles gerados se tornam fontes valiosas de informações que podem permitir, por exemplo, que os docentes extraiam perfis de aprendizagem, características cognitivas na formação de conceitos, dentre outras informações que podem auxiliar no processo de definição de estratégias de aprendizagem. O conhecimento presente num mapa conceitual é altamente condensado, quando comparado aos textos, mas isso não limita sua capacidade de expressão, uma vez que os mapas permitem que seu criador represente um número virtualmente ilimitado de proposições.

É importante destacar, no entanto, que essas características flexíveis dos mapas conceituais, principalmente na escolha de frases de ligações, dificultam o processo de tradução automática para uma representação formal. A formalidade dos mapas conceituais está diretamente relacionada ao contexto e às características de seu autor, uma vez que esses podem adotar técnicas formais, que restringem a organização e representação do conhecimento no processo de confecção de seus mapas, ou não. Sejam formais, ou informais, os mapas conceituais tendem a ser de mais fácil compreensão humana do que outras formas de representação do conhecimento, como, por exemplo, a lógica de predicados (Nosek, 1990).

Esses dois fatores (a compreensão intuitiva e a possibilidade de representação formal e informal do conhecimento) são de grande importância, pois tornam possível a comunicação entre novatos e especialistas já que podem utilizar o mesmo meio de comunicação.

2.1 Informalismo Versus Formalismo

A “liberdade de expressão” concedida pelos mapas conceituais em sua concepção transformam-nos em poderosas ferramentas de síntese e representação do conhecimento, tão versáteis que podem ser usados tanto na organização de tarefas pessoais como no planejamento de atividades pedagógicas mais complexas. No entanto, todas as aplicações informais dos mapas conceituais carregam consigo uma limitação comum, a saber: Não são computacionalmente interpretáveis a menos que sejam submetidos, anteriormente, a um processo de “formalização” adotando, nesse processo, algumas taxonomias predefinidas ou ontologias (Cañas *et al.*, 2005; Kremer, 1994). Como é possível imaginar, no entanto, esse formalismo torna a concepção do mapa conceitual mais restrita e vai de encontro à liberdade de expressão característica a ele.

A Figura 1 apresenta um Mapa Conceitual que sintetiza o conhecimento discutido até este ponto do artigo, destacando as diferenças entre os mapas formais e informais.

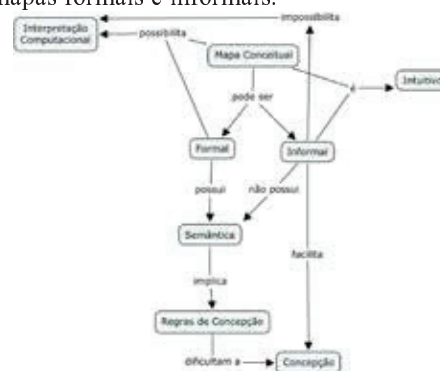


Figura 1: Mapas Conceituais Informais Versus Formais

Enfrenta-se, nesse ponto, o seguinte problema: Como equilibrar a informalidade existente na construção de mapas conceituais com os formalismos esperados por mecanismos computacionais de Inteligência Artificial?

Segundo Cañas & Carvalho (2005), “o processo de criação de mapas conceituais em seu puro estilo Novakiano é, portanto, uma atividade para seres humanos – um meio de modelar o conhecimento humano de forma que seja facilmente compreendido por outras pessoas, não por máquinas. Entretanto, traz grandes

benefícios aos processos tradicionais de IA para aquisição de conhecimento”. Para esses autores, as ferramentas de edição de mapas conceituais não devem restringir a concepção dos mapas conceituais pois a liberdade na seleção de conceitos e frases de ligação é o ponto forte dessa ferramenta, o que a torna fácil de se usar e mais acessível ao usuário. Ainda, segundo eles, os mapas “oferecem um balanço adequado entre flexibilidade e formalismo na representação do conhecimento”. No entanto, esses mesmos autores sugerem formas de as ferramentas de IA se aproveitarem das informações contidas num mapa conceitual.

Pretende-se, nesse artigo, identificar os “erros” mais comumente cometidos na concepção dos mapas conceituais e caracterizar uma abordagem computacional que auxilie os autores dos mapas no processo de criação a fim de otimizar uma posterior interpretação computacional.

3 Diretrizes para Concepção de Mapas Conceituais

Novak (1984) sugere diretrizes simples para a seleção de palavras a serem eleitas como conceitos e frases de ligação. Para ele, os conceitos devem, na maioria dos casos, ser compostos por apenas uma palavra e as frases de ligações devem ser o mais curtas quanto possível. Mapas gerados seguindo esses princípios oferecem informações relevantes e suficientes, e podem ser explorados por ferramentas de inteligência artificial no apoio ao processo de construção de mapas, mesmo que esses mapas não possam ser prontamente traduzidos para uma notação formal.

Para Cañas & Carvalho (2005) os Mapas Conceituais possuem certas características que os tornam atraentes para ferramentas inteligentes, quais sejam:

1. **Mapas Conceituais possuem estrutura:** por definição, conceitos mais gerais e genéricos ficam posicionados no alto dos mapas e os mais específicos na parte inferior.
2. **Mapas Conceituais são baseados em proposições:** cada par de conceitos unidos por uma frase de ligação formando uma “unidade de conhecimento” e estabelece uma relação semântica entre os conceitos.
3. **Mapas Conceituais possuem contexto:** um mapa é uma representação do conhecimento de uma pessoa em um determinado assunto ou área de conhecimento.

Eles destacam, ainda, as seguintes características desejáveis em mapas conceituais bem elaborados:

1. Os conceitos e as frases de ligação devem ser o mais curto quanto possível, preferencialmente compostos por uma única palavra.
2. Cada par de conceitos ligados por uma frase de ligação forma uma proposição autônoma, isto é, a proposição pode ser lida independente do mapa e ainda “fazer sentido”.
3. A estrutura é hierárquica e o conceito usado no topo do mapa é um bom indicativo do tópico do mapa.

Levando em consideração essas diretrizes, essa pesquisa acredita que a existência de um agente inteligente de acompanhamento do processo de concepção de mapas pode minimizar a ocorrência de inconsistências comuns ao detectar a inconformidade com alguma das diretrizes. No entanto, antes de caracterizar os aspectos funcionais de um agente inteligente de verificação sintática e semântica de mapas conceituais, essa pesquisa interessou-se, primeiramente, em conhecer as falhas mais comuns que tornam complicada a compreensão computacional dos mapas conceituais por mecanismos de inteligência artificial. Para isso, investigou-se nessa pesquisa quais são essas falhas e como elas podem ser abordadas computacionalmente. Os resultados estão sumarizados na subseção a seguir.

3.1 Inconsistências comuns em Mapas Conceituais

Ao longo dessa pesquisa foram identificadas e sumarizadas algumas falhas comuns cometidas por estudantes na concepção de seus mapas conceituais e que dificultariam a interpretação computacional. O objetivo principal dessa investigação foi o de identificar falhas que podem ser evitadas caso um agente computacional inteligente conduza o processo de edição de mapas orientando a como agir na ocorrência dessas.

Para essa averiguação, foram analisados mapas gerados por dezoito estudantes, sendo esses:

- Dez estudantes da disciplina de Química Analítica, no curso de Farmácia da USP³.
- Oito estudantes da disciplina de Lógica de Programação, no curso de Capacitação em Desenvolvimento de Sistemas no SENAC-ES⁴.

Da análise dos mapas gerados por esses estudantes, foi possível identificar algumas das falhas que um agente inteligente de acompanhamento do processo de edição poderia detectar e sugerir adaptações, auxiliando os estudantes a conceberem mapas conceituais mais consistentes, com o mínimo rigor formal proposto por Novak. As inconformidades mais comuns identificadas nessa pesquisa foram:

1. **Ausência de frases de ligação:** As frases de ligação são fundamentais para a compreensão de um mapa conceitual e são determinantes para a formação de proposições, pois dão sentido às relações existentes entre os conceitos.
2. **Formação de frases ao invés de proposições:** Mapas conceituais não são indicados para formação de frases. A formação delas tornará complexa tanto a representação quanto a leitura do mapa.
3. **Dois conceitos em uma caixa:** Essa falha pode complicar a representação futura de características individuais dos conceitos que foram agrupados. A interpretação de mapas com essa característica por mecanismos de IA pode levar a generalizações incorretas que poderiam ser evitadas se o autor fosse notificado de antemão.
4. **Repetição de Conceitos:** Em alguns casos, a repetição de conceitos é utilizada para evitar o cruzamento excessivo entre linhas de relações e facilitar a leitura dos mapas conceituais. No entanto, por diversas vezes a repetição de conceitos podem indicar dificuldades do autor em “integrar” o conhecimento representado, ou seja, que o autor possui a tendência de isolar o conhecimento, caracterizando assim um aprendizado mecânico (Novak, 1984).
5. **Falta de simplicidade e clareza proposicional:** É comum a ocorrência de excessos na escolha das frases de ligação o que acaba por obscurecer a clareza das proposições extraídas dos mapas. Este tipo de erro possui grande relação com o “erro 2”, e essa pesquisa acredita que o tratamento dado a este erro resultará na identificação dessas possíveis falhas.
6. **Ausência de Verbos nas Frases de Ligação:** A ausência de verbos nas frases de ligação dificulta o entendimento da proposição gerada.
7. **Concordância verbal:** A concordância é um aspecto relevante para dar clareza semântica às proposições. Ela é fundamental para que as respostas geradas pelos mecanismos de IA façam maior sentido para os usuários dos serviços.

3.2 Índice de ocorrência

A tabela 1 demonstra o número de ocorrência dos erros explorados nesse artigo nos dezoito mapas analisados ao longo dessa pesquisa, computados por curso. Cabe destacar que, na maioria dos casos, o “erro” em questão ocorreu mais de uma vez dentro do mesmo mapa, mas foi computado apenas uma vez já que essa pesquisa interessou-se na quantidade de autores que os cometem.

Tabela 1: Índices de ocorrências de erros nos Mapas

Ocorrência dos Erros nos Mapas								
Curso de Farmácia								
Totais	Nº do Erro							Possuem Erros
	1	2	3	4	5	6	7	
	4	6	2	4	2	8	4	
Curso de Desenvolvimento de Sistemas								
Totais	0	3	6	8	3	8	7	8
Estatísticas Gerais								
Total Geral	4	9	8	12	5	16	11	
Ocorrência (%)	22	50	44	67	33	89	61	95

Pela Tabela 1 é possível notar que 95% dos mapas analisados apresentam ao menos um dos “erros” sumarizados nessa seção sendo que o mais frequente deles (89%) é a ausência de verbos nas frases de ligação. Os erros de concordância verbal e a repetição de conceitos também possuem ocorrência expressiva (acima de 50%). Por isso, esses três erros serão o foco principal dessa pesquisa.

³ USP: Universidade de São Paulo

⁴ SENAC-ES: Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial do Espírito Santo

4 Princípios do VMap e sua Integração com CMPaaS

Essa pesquisa concorda com Cañas & Carvalho (2005) quando afirmam que “ao invés de converter os mapas no estilo Novakiano em algo que eles não são para que possam ser usados por aplicativos de IA, usamos ferramentas da IA para apoiar o usuário no processo de construção do mapa”. Há, portanto, a necessidade de uma atuação proativa por parte dos mecanismos de IA para que os mapas não sofram modificações após sua concepção, mas que tenha uma estrutura semântica bem definida pelo próprio autor do mapa.

A verificação sintática e semântica não é uma preocupação recente na academia. Justamente por isso, existem atualmente diversos editores de textos, navegadores, smartphones e websites que possuem mecanismos de verificação sintática e semântica para a correção de textos que agem de maneira proativa, sugerindo mudanças no momento em que os textos são digitados. Assim, o que se espera como resultado final dessa pesquisa é algo similar a esses mecanismos baseados em textos que, no entanto, atuem diretamente sobre a estrutura e ao conteúdo dos mapas conceituais, sugerindo aos autores mudanças que tornarão mais formais os mapas por eles gerados, assim será mantida sua expressividade.

4.1 Abordagens computacionais do VMap

É importante reforçar que o *VMap* caracteriza-se como um agente inteligente de acompanhamento do processo de construção de mapas conceituais cuja finalidade é sugerir adaptações que tornem a estrutura dos mapas conceituais mais interessantes do ponto de vista computacional. Sua atuação não deve limitar a liberdade dos usuários na construção dos seus mapas, ou seja, suas sugestões podem ser recusadas pelos usuários.

Apesar de esta pesquisa priorizar a liberdade dada ao usuário e a conformidade com a essência dos mapas conceituais, para que um agente inteligente de software consiga sugerir adaptações e melhorias, é necessário que sejam considerados princípios de ontologia (Chang, 2007), estabelecendo, assim, uma relação lógica e computacional entre os mapas conceituais construídos e o próprio agente, neste caso, o *VMap*.

Pretende-se que o *VMap* realize quatro passos, a saber:

1. Leitura do Mapa Conceitual gerado pelo editor de mapas;
2. Conversão do mapa para um modelo de representação de ontologia;
3. Verificação semântica junto a repositórios e vocabulários de dados (VISL⁵, WordNet⁶, VerbNet⁷ ou outros), e;
4. Notificação ao usuário para aplicação, ou não, da sugestão apontada.

Com base nos princípios elencados na seção 3, ao identificar inconformidades, o agente *VMap* notificará ao usuário na tentativa de orientá-lo. Na seção 3.2 fora investigado os principais pontos que uma ferramenta de verificação de mapas conceituais devem se concentrar. O *VMap*, em sua versão inicial, explorará os três principais problemas apontados nessa seção, a saber: 1º) ausência de verbos nas frases de ligação; 2º) repetição de conceitos num mesmo mapa, e; 3º) erros de concordância verbal entre os conceitos relacionados e o verbo presente na frase de ligação. A verificação desses critérios lançará base para futuras extensões do *VMap* a fim de controlar a ocorrência dos demais erros sumarizados na seção 3.1.

É preciso destacar, no entanto, que as sugestões dadas pelo *VMap* contarão com a presença de dois botões. O botão “Sim”, que deve conduzir o usuário ao local que necessita de modificações, e o botão “Não”, que deve remover o sinal de alerta. Um exemplo dessa abordagem para a ocorrência do “Erro 1” está na figura 2. Nesse caso, ao detectar a inexistência de frases de ligações, o *VMap* deve sinalizar o erro e, após solicitado pelo autor, sugeri-lo que descreva a relação existente entre os conceitos conectados.

⁵ **VISL** é um etiquetador morfossintático que permite análise da estrutura morfossintática das frases a ele submetidas. Está disponível em: <http://beta.visl.sdu.dk>, acesso em 26/05/2014.

⁶ **WordNet** é uma rede léxico-conceitual que agrupa os substantivos, verbos e adjetivos em conjuntos sinônimos. Esse serviço é muito utilizado em técnicas de PLN. Está disponível em: <http://wordnet.princeton.edu>, acesso em 26/05/2014.

⁷ **VerbNet** é uma rede léxico-semântica de verbos que os classifica em famílias. Disponível em: <http://verbs.colorado.edu/verb-index>, acesso em: 26/05/2014.



Figura 2: (a) Sinalização de Ocorrência do Erro 1 e (b) Sugestão de correção proposta pelo VMap.

Outro exemplo de atuação do protótipo pode ser visto na Figura 3. Nesse caso, ao detectar erro de concordância, o *VMap* notifica ao usuário que pode, novamente, atender ou não à sugestão dada.



Figura 3: (a) Sinalização de erro de concordância. (b) Sugestão de correção.

Assim, a atuação do *VMap* será no sentido de apontar e orientar a construção de mapas conceituais com o mínimo de rigor sintático e semântico. Ela não limita, no entanto, o poder de expressividade dos mapas conceituais pois permite que o usuário rejeite suas sugestões e mantenha a estrutura que o usuário achar melhor para representar seu conhecimento.

4.2 A integração com CMPaaS

O *CMPaaS* é uma plataforma de serviços voltados para análises estatísticas, inferências e correção de mapas, dentre outros serviços que facilitam a aplicação de mapas conceituais na educação. Esse projeto está em fase de desenvolvimento por pesquisadores do Laboratório de Informática na Educação e por alunos de graduação da UFES. Os serviços compõem a base do ambiente e são consumidos por outros serviços da plataforma e, também, pelo Portal do Conhecimento baseado em Mapas Conceituais, cujo papel é apresentar uma interface com o usuário dos serviços disponíveis na plataforma. A organização do *CMPaaS* pode ser vista na Figura 4.

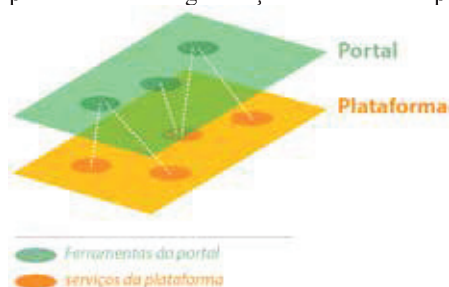


Figura 4: Estrutura Conceitual do CMPaaS

Da Figura 4 notamos que a base dos *CMPaaS* constitui-se, basicamente de serviços que são oferecidos e consumidos pelo portal. Os serviços na base podem, eventualmente, consumir também outros serviços a fim de estender suas funcionalidades.

O *VMap* é um dos serviços que compõe a base do *CMPaaS* e será consumido pelo Portal do Conhecimento no momento da edição de mapas conceituais, ou seja, ao mesmo tempo que o usuário irá consumir o serviço de edição de mapas conceituais, o serviço *VMap* atuará auxiliando nesse processo. No *CMPaaS*, cada serviço tem uma função específica, o que faz com que, para que o *VMap* atue, outros três serviços internos e três serviços externos devem ser adicionados na plataforma. A Figura 5 demonstra os serviços que devem ser adicionados ao *CMPaaS*, em vermelho, e os serviços externos que serão consumidos pelos serviços que integram o *VMap*, em azul.

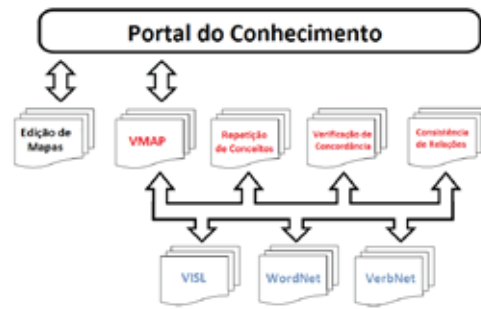


Figura 5: Estrutura Proposta para o VMAP

A responsabilidade de cada serviço interno será:

- **VMAP:** Articular o funcionamento dos serviços de “Repetição de Conceitos”, “Verificação de Concordância” e “Consistência de Relações”, notificando o usuário através do Portal do Conhecimento a ocorrência de algum alerta gerado por esses serviços.
- **Repetição de Conceitos:** Esse serviço deverá verificar, para cada novo conceito inserido no mapa, se este já se faz presente nele, mesmo que na forma de um conceito sinônimo. Para isso, ele utilizará a base de relações léxicas do WordNet que permitirá averiguar a ocorrências de conceitos sinônimos.
- **Verificação de Concordância:** Esse serviço será responsável por avaliar se a proposição formada pela tripla (Conceito-Relação-Conceito) apresenta concordância verbal. Para isso, esse serviço deve consumir o serviço externo de etiquetagem oferecido pelo VISL e, em seguida, analisar a estrutura morfossintática da proposição a fim de identificar possíveis falhas na concordância verbal. O *VerbNet* poderá ser utilizado para facilitar a análise sintática e semântica das famílias dos verbos utilizados nas relações.
- **Consistência de Relações:** Esse serviço tem a finalidade de, dada uma relação, verificar se essa possui consistência. Fará isso por verificar se a relação não está em branco e se há a presença de um verbo que caracterize a relação proposta.

Com esse serviço, a expectativa dessa pesquisa é que os mapas gerados pelo editor do *CMPaaS* tenham maior consistência formal. Isso porque, os demais serviços que compõem a plataforma e adotam técnicas de IA dependem da consistência dos mapas conceituais de entrada. Sendo assim, essa pesquisa é considerada fundamental para o andamento das pesquisas relacionadas ao Portal do Conhecimento baseado em Mapas Conceituais.

5 Conclusões

Essa pesquisa apresentou a caracterização de uma abordagem computacional para verificação sintática e semântica de mapas conceituais. O objetivo dessa caracterização foi o de estabelecer padrões para o desenvolvimento de um agente inteligente, denominado *VMAP*, cuja função é realizar o acompanhamento do processo de construção de mapas conceituais e integrar-se à plataforma do *CMPaaS*. Ele é de suma importância pois irá fornecer maior consistência aos mapas conceituais gerados no ambiente a fim de que esses possam ser, posteriormente, interpretados por mecanismos de IA, fornecendo respostas mais adequadas para os usuários dos serviços oferecidos pelo *CMPaaS*.

Uma investigação realizada junto a 18 alunos de dois diferentes cursos, nos auxiliou a identificar os erros mais comumente cometidos por estudantes no processo de criação de mapas conceituais.

Essa pesquisa dá margens a futuras investigações. Por exemplo, após o desenvolvimento da versão inicial do *CMPaaS*, será possível realizar uma nova investigação comparando os índices de ocorrências dos erros explorados nessa pesquisa. Pretende-se também caracterizar abordagens computacionais para tratar os demais possíveis erros cometidos por estudantes na construção de mapas que foram explorados nessa pesquisa. No entanto, sua aplicação deve ocorrer nas futuras versões desse serviço.

Referências

- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal materials. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267-272.
- Cañas, A. J., M. Carvalho, Mapas Conceituais e IA: Uma União Improvável? *Revista Brasileira de Informática na Educação* 13(1) pp. 9-19 (2005).
- Cury, D., Menezes, C. S. (2012). A Portal of Knowledge Based on Concept Maps. In *Proceedings of the Fifth International Concept Mapping (CMC)*. Valleta, Malta.
- Dutra, Í. M., Fagundes, D. C., Johann, S. P., Piccinini, C. A. (2006) Logical systems and natural logic: Concept Mapping to follow up the conceptualization processes. In: *Second International Conference on Concept Mapping/Segundo Congreso Internacional Sobre Mapas Conceptuales*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2006, V.1.
- Kremer, R. (1994) *Concept Mapping: Informal to Formal*. In *Proceedings of the International Conference on Conceptual Structures*, University of Maryland, USA (1994).
- Nosek, J.T., Roth, I. "A Comparison of Formal Knowledge Representation Schemes as Communication Tools: Predicate Logic vs. Semantic Network." *International Journal of Man-Machine Studies*, 33, 1990. pp. 227-239.
- Novak, Joseph D. & Cañas, Alberto J. (2006). "The Theory Underlying Concept Maps and How To Construct and Use Them", Institute for Human and Machine Cognition, Flórida, USA.
- Novak, J.D. and D.B. Gowin, *Learning How to Learn*. 1984, New York, NY: Cambridge University Press.
- Perin, W. A., Cury, D., Menezes, C. S. (2012). Construindo Mapas Conceituais Utilizando a abordagem iMap. In: *XVII versión Congreso Internacional de Informática Educativa 2012*. Santiago, Chile. Anais do TISE'2012.
- Zhang, J. (2007). *Ontology and Semantic Web*. *Proceedings of the North American Symposium on Knowledge Organization*. Arizona, USA: The University of Arizona. Vol 1, 9-20.
- Zouaq, A., Gasevic, D., Hatala, Marek (2011) *Unresolved Issues in Ontology Learning*, Position Paper, *Canadian Semantic Web Symposium (CSWS)*, Vancouver, Canada.