

Avaliação da proficiência na elaboração de mapas conceituais a partir da estrutura da rede proposicional: estudo de caso na disciplina Ciências da Natureza

Proficiency assessment in concept mapping from propositional structural network: a case study in Natural Science course

Joana Guilaes de Aguiar

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências,
Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.
joana.aguiar.jga@gmail.com

Camila Aparecida Tolentino Cicuto

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências,
Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.
camilacicuto@usp.br

Paulo Rogério Miranda Correia

Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH),
Universidade de São Paulo (USP/Leste), São Paulo, SP.
prmc@usp.br

Resumo

Os mapas conceituais (MCs) são organizadores gráficos que permitem representar o conhecimento e promover a aprendizagem significativa. No entanto, a utilização adequada da técnica em sala de aula depende do treinamento dos alunos. Este trabalho teve como objetivo avaliar e acompanhar a proficiência dos alunos a partir da análise da estrutura da rede proposicional dos MCs. Os MCs (n=434) foram coletados durante a disciplina Ciências da Natureza (CN) na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP Leste) em 3 momentos diferentes: 1ª, 5ª e 15ª aulas. A partir dos resultados conclui-se que a estrutura da rede proposicional permite avaliar e acompanhar o nível de proficiência dos alunos. Além disso, a proficiência se estabeleceu na medida em que as tarefas para elaboração de MCs foram acontecendo durante as 15 aulas da disciplina.

Palavras chave: Mapa Conceitual, Análise Estrutural, Ensino Superior, Ensino de Ciências, Proficiência.

Abstract

Concept maps (Cmaps) are graphic organizers that allow representing knowledge and fostering meaningful learning. However, the proper use of the technique in the classroom depends on the training of students. This study aimed to assess and track students' proficiency

from the analysis of the network structure of the propositional Cmaps (n=434). They were collected during the Natural Science Course (NSC) at the School of Arts, Sciences and Humanities (SASH/USP East) in 3 different classes: 1st, 5th and 15th. From the results it is concluded that the structure of the propositional network allows assessing and monitoring the level of students' proficiency. In addition, the proficiency was settled throughout the tasks for developing Cmaps during the 15 classes of the course.

Key words: Concept Map, Structural Analysis, Higher Education, Science Education, Proficiency.

Introdução

Na década de 1970, Novak e colaboradores propuseram a utilização dos mapas conceituais (MCs) para representar as mudanças conceituais dos alunos sobre temas científicos ao longo da escolarização básica (NOVAK e MUSONDA, 1991). Em 1990, o reconhecimento dos MCs no ensino de ciências se confirmou com a publicação da edição especial sobre o tema no periódico *Journal of Research in Science Teaching* (NOVAK, 1990). Apesar do interesse crescente da comunidade científica pelos MCs abranger diferentes áreas do conhecimento, as aplicações mais numerosas ainda se relacionam com o ensino de ciências (NOVAK, 2010).

Os MCs são um tipo especial de organizadores gráficos. Eles são formados por um conjunto de conceitos ligados entre si para formar uma rede de proposições. Os MCs representam a estrutura do conhecimento declarativo (fatos e conceitos) e favorecem a aprendizagem significativa (NOVAK, 2010). Apesar de ser uma técnica bem estabelecida e amplamente utilizada no âmbito educacional, alguns obstáculos ainda precisam ser superados para que os MCs sejam adotados de forma mais regular pelos professores de ciências.

A aparente facilidade na elaboração de MCs explica sua popularidade, ainda que, o uso ingênuo dos MCs produz poucos (ou nenhum!) dos benefícios esperados (CORREIA, INFANTE-MALACHIAS e GODOY, 2008). Alguns trabalhos na literatura mostram que muitas das dificuldades encontradas com o uso de MCs derivam, pelo menos em parte, do uso inadequado da técnica, do treinamento inadequado de alunos e professores, e da pouca importância dada aos fundamentos teóricos subjacentes ao mapeamento conceitual (CONRADTY; BOGNER, 2010; HILBERT; RENKL, 2008; CAÑAS e NOVAK, 2006).

Um período de treinamento na técnica pode evitar o uso ingênuo dos MCs. Nesses casos, verifica-se o estímulo à aprendizagem significativa e aos processos colaborativos como principais dividendos, capazes de mudar a dinâmica social da sala de aula. Trabalhos recentes confirmam que há espaço na literatura para pesquisas mais aprofundadas sobre os efeitos de treinamento e estratégias de capacitação de usuários iniciantes interessados nos MCs. Karpicke e Blunt (2011) destacaram essa necessidade de pesquisa em artigo publicado na *Science*:

Nós não encontramos nenhum estudo que manipula o treinamento para analisar se este melhora a eficiência do mapeamento conceitual. Dada a importância de identificar as melhores formas de implementar estratégias eficazes, é surpreendente que o papel do treinamento no mapeamento conceitual não esteja sendo rigorosamente examinado (KARPICKE e BLUNT, 2011, p. 453-d, tradução nossa).

Análise Estrutural dos MCs e a Proficiência do Mapeador

Os MCs produzidos por alunos podem ser analisados de diversas formas. Nos últimos anos, nosso grupo de pesquisa vem desenvolvendo e aplicando diferentes tipos de análises que valorizam o uso dos conceitos (CICUTO e CORREIA, 2012), o uso das proposições (ROMANO JR. e CORREIA, 2010) e a estrutura da rede proposicional. Essa última é o foco desse trabalho de pesquisa.

A Análise Estrutural (AE) de MCs é baseada em 8 parâmetros, capazes de capturar todos os detalhes da estrutura da rede proposicional. Maiores detalhes sobre a AE podem ser encontrados na literatura (SILVA JR., ROMANO JR. e CORREIA, 2010). O mesmo trabalho demonstrou que os 3 parâmetros são especialmente interessantes para indicar o nível de proficiência dos mapeadores: Densidade Proposicional (DP) e Conceitos Múltiplos Iniciais (CIM) e Finais (CFM) (Tabela 1). A estrutura proposicional dos MCs se modifica na medida em que a nossa compreensão sobre a técnica de mapeamento conceitual aumenta. Essas mudanças estruturais são capturadas pelos parâmetros DP, CIM e CFM, de forma que se torna possível avaliar e monitorar o progresso de usuários iniciantes (alunos e/ou professores) durante o período de treinamento.

Parâmetro	Como realizar a medição?
Densidade proposicional (DP)	Razão entre a quantidade total de proposições (P) e o número total de conceitos (CT) do MC.
Conceitos iniciais múltiplos (CIM)	Razão entre a quantidade de conceitos que iniciam múltiplas proposições (duas ou mais flechas saindo de um mesmo conceito) e o número total de conceitos do MC.
Conceitos finais múltiplos (CFM)	Razão entre a quantidade de conceitos que finalizam múltiplas proposições (duas ou mais flechas chegando a um mesmo conceito) e o número total de conceitos do MC.

Tabela 1: Parâmetros da Análise Estrutural dos MCs que possuem relação direta com a proficiência do mapeador.

O objetivo do presente trabalho é avaliar e monitorar a proficiência dos alunos na técnica de mapeamento conceitual, a partir dos parâmetros da AE. A hipótese de trabalho que foi testada é de que os três parâmetros da AE (DP, CIM e CFM) serão capazes de descrever a evolução dos alunos durante o processo treinamento na técnica, permitindo o monitoramento da proficiência dos alunos ao longo de uma disciplina semestral sobre Ciências da Natureza.

Materiais e Métodos

Coleta dos dados

Os dados foram coletados nos primeiros semestres letivos de 2009, 2010 e 2011, durante a disciplina Ciências da Natureza (CN), oferecida a todos os alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP Leste). Os MCs selecionados para análise (n=434) foram produzidos pelos alunos na 1ª (MC1), 5ª (MC5) e 15ª (MC15) aula da disciplina (Figura 1). A dinâmica de CN conta com a produção do MC1 colaborativo sobre um assunto familiar aos alunos ingressantes no ensino superior. Em seguida, eles passam por um período de treinamento de 4 aulas na técnica de mapeamento conceitual, já descrito com detalhes na literatura (CORREIA, INFANTE-MALACHIAS e GODOY, 2008). Os MC5 e MC15 são elaborados individualmente em dois momentos formais de avaliação da disciplina e envolvem os temas Universo e Bioética, respectivamente.

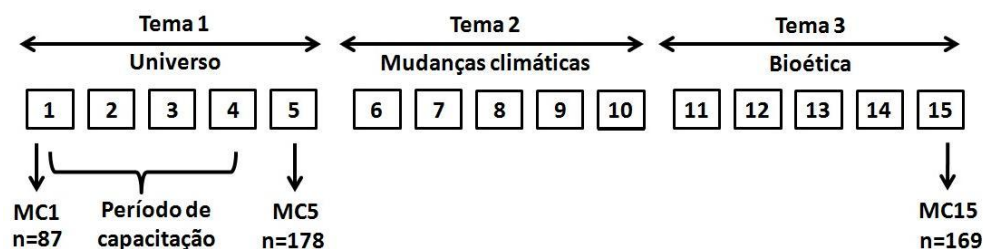


Figura 1: A coleta de dados envolveu MCs produzidos pelos alunos na 1ª (MC1), 5ª (MC5) e 15ª (MC15) aulas da disciplina Ciências da Natureza.

Análise dos dados

Foram contabilizados a quantidade de conceitos totais (CT), iniciais múltiplos, finais múltiplos e de proposições (P) para cada um dos 434 MCs produzidos pelos alunos. Em seguida, determinou-se a densidade proposicional (DP) e Conceitos Múltiplos Iniciais e Finais (CIM e CFM), conforme descrito na Tabela 1.

Para observar a distribuição dos alunos em função das características estruturais dos MCs, fez-se um gráfico de dispersão onde a soma CIM+CFM e a DP são representadas nos eixos x e y, respectivamente. Os valores mínimos e máximos para DP foram utilizados para subdividir o conjunto de MCs (n=434) em 8 grupos. Determinaram-se as frequências, em porcentagem, dos MCs 1, 5 e 15 presentes em cada um desses grupos, que foram representadas através de um gráfico de barras.

Resultados e Discussões

Os valores da soma CIM+CFM e da DP gerou o gráfico de dispersão (Figura 2), onde cada ponto representa um dos 434 MCs produzidos durante a disciplina de CN entre 2009 e 2011.

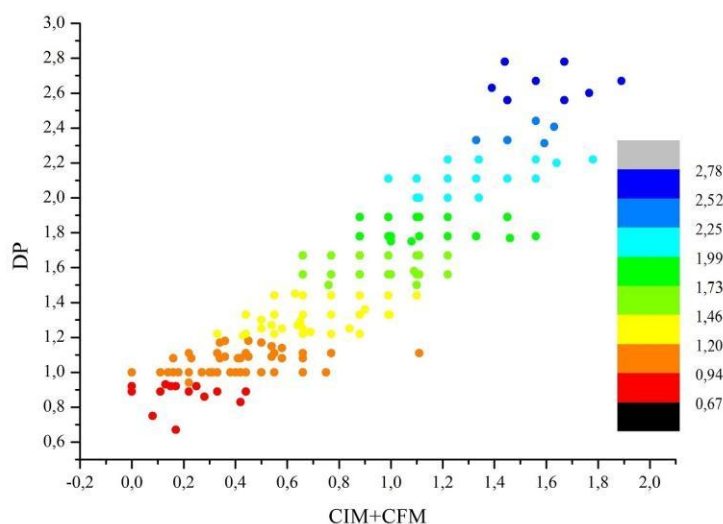


Figura 2: Correlação entre parâmetros da AE que estabelece um *continuum* entre MCs produzidos por alunos com baixa (vermelho) e alta (azul) proficiência na técnica de mapeamento conceitual.

Os conceitos múltiplos (CIM+CFM) e a DP são diretamente proporcionais e apresentam uma relação linear, conforme observado na Figura 1 (coeficiente de correlação linear 0,82). Isso significa que existe um processo contínuo entre o aluno iniciante até o aluno proficiente na técnica. Isso é evidenciado através dos parâmetros da AE que se modificam ao longo desse

processo, por conta do período de treinamento e da experiência acumulada em elaborar MCs durante um semestre letivo.

Na Figura 2 os valores de DP variaram de 0,67 a 2,78, ou seja, uma diferença de 2,11 do primeiro ao último ponto da dispersão. Dividindo esse valor por oito é possível constituir uma escala que divide os MCs em grupos equidistantes (distância de 0,26 de DP). A cada grupo foi atribuída uma cor diferente e os valores de DP que distinguem um grupo do outro são apresentados na Figura 2. Do grupo vermelho em direção ao grupo azul observa-se a melhora na qualidade estrutural dos MCs, o que revela o aumento da proficiência do mapeador.

Os 434 MCs foram classificados de acordo com o seu valor de DP. O objetivo foi observar como os MCs coletados na 1ª (MC1), 5ª (MC5) e 15ª (MC15) aula da disciplina se distribuem ao longo desse *continuum*. Em seguida, foi calculada a porcentagem de MCs em cada um dos grupos (Figura 3).

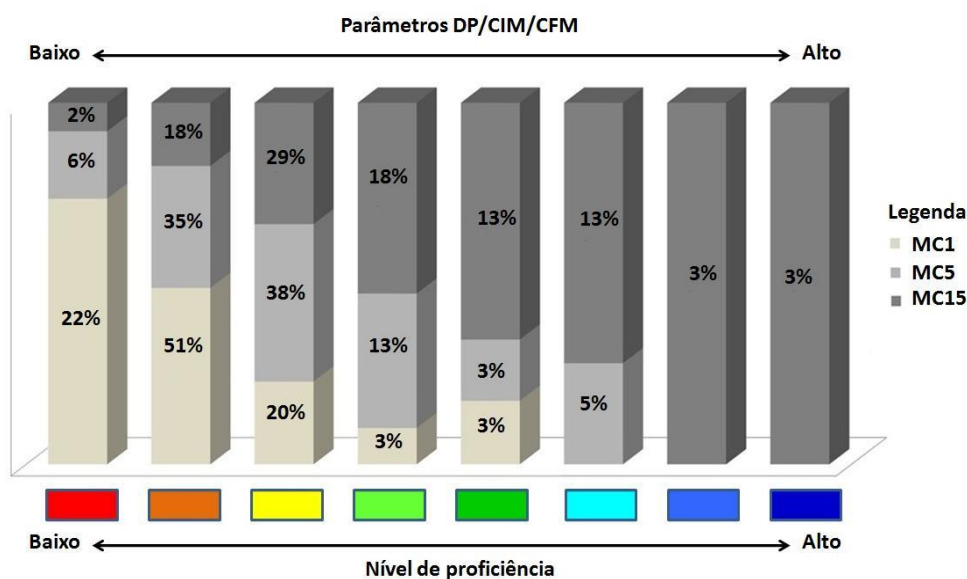


Figura 3: Porcentagem de cada MC em relação ao total produzido na aula (valor dentro da barra) e suas contribuições dentro do grupo (colorido).

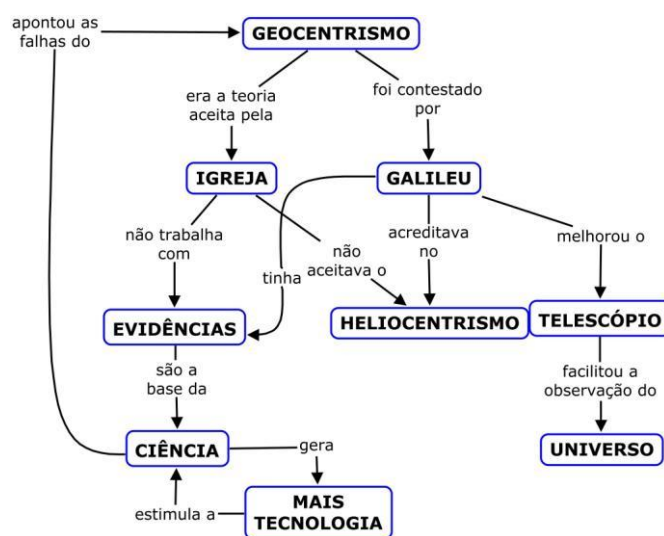
O gráfico de barras (Figura 3) agrega duas informações importantes e complementares: (a) a porcentagem de cada MC (1, 5 e 15) em relação ao total de MC produzidos naquela aula (indicado pela porcentagem) e, (b) a contribuição de cada tipo de MC dentro do seu grupo específico (cores), perfazendo um total de 100% em cada grupo.

Os MC1 se encontram quase integralmente (93%) nos primeiros três grupos, ou seja, aqueles com menor nível de proficiência (Figura 3). Os MC5 estão distribuídos entre os grupos laranja, amarelo e verde claro (86%), indicando uma migração de parte dos alunos para estruturas intermediárias. Já os MC15 estão quase que igualmente distribuídos entre os grupos laranja e ciano (73%). Os MCs que integram os grupos com mais alto nível de proficiência (azul claro e escuro) são formados exclusivamente de MC15 (6%), assim como existe uma quantidade mínima (2%) de MCs elaborados na última aula da disciplina compondo o primeiro grupo (vermelho). À medida que o processo contínuo de capacitação se estabelece, ou seja, em ordem crescente de proficiência (do vermelho ao azul) a porcentagem de MC1 decresce rapidamente e de MC15 aumenta rapidamente. Isso indica que os parâmetros da AE explicitaram um processo progressivo de capacitação e treinamento na técnica de mapeamento conceitual, permitindo o acompanhamento dos alunos nesse aumento de proficiência ao longo de uma disciplina semestral.

Na medida em que a disciplina ocorre e tarefas de treinamento são demandadas aos alunos, eles tendem a elaborar MCs cada vez mais complexos (rede proposicional altamente integrada). Isso fica evidente quando comparamos o MC5 e o MC15, elaborados em dois momentos de avaliação formal da disciplina (Figura 1). Para produção de ambos os MCs, os alunos foram expostos a demandas específicas, com temas, perguntas focais, número de conceitos e estrutura pré-determinada pelo professor. Como as variáveis impostas aos alunos são muito semelhantes, pode-se supor que a mudança na estrutura do MC produzido na 5ª aula para 15ª aula guarda estreita relação com a proficiência do mapeador.

Para ilustrar a mudança na estrutura ao longo da disciplina, dois MCs foram selecionados: um MC5 que pertence ao grupo amarelo (Figura 4a) e um MC15 do grupo ciano (Figura 4b).

(a)



(b)

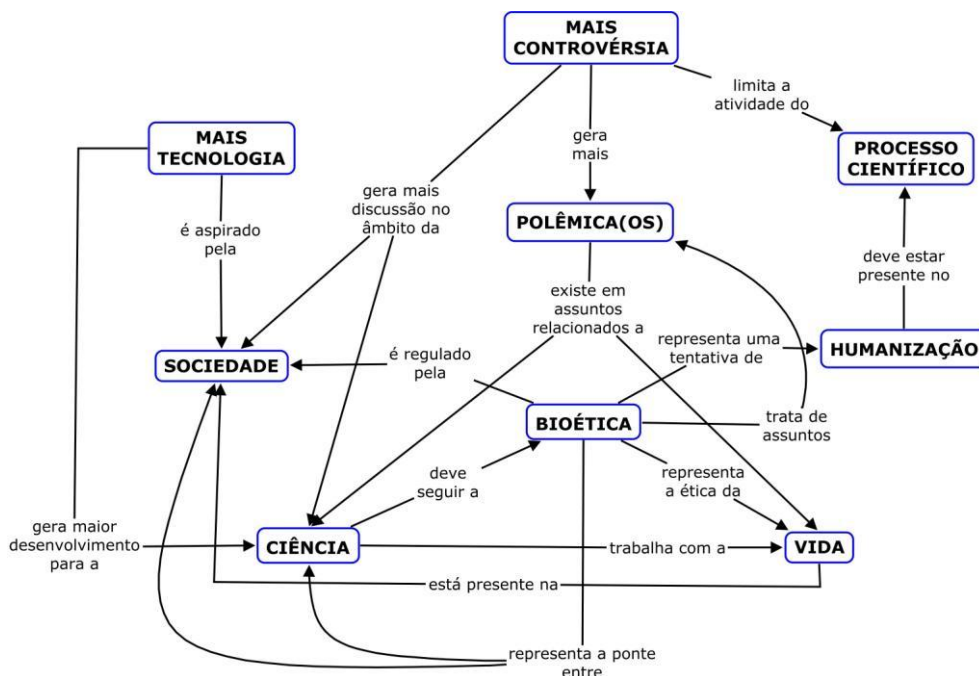


Figura 4: MCs com nove conceitos, pergunta focal e estrutura pré-definida produzidos por alunos durante CN: (a) MC5 do grupo amarelo (tema: Universo) e (b) MC15 do grupo ciano (tema: Bioética).

Ao observarmos os MCs desses alunos (Figura 4) é possível perceber visualmente que as estruturas das redes proposicionais são diferentes, principalmente no que diz respeito a densidade de proposições. Ambos possuem a mesma quantidade de conceitos totais ($n=9$). O aluno que elaborou o MC5 (Figura 4a) utilizou 12 proposições para responder à pergunta focal ($DP=1,33$), enquanto o aluno que elaborou o MC15 (Figura 4b) utilizou 18 proposições ($DP=2,0$). O aumento da DP ao longo da disciplina poderia ser explicado pelo maior entendimento no conteúdo. Porém, os assuntos abordados na 1ª (MC5) e 3ª (MC15) provas são diferentes (Universo e Bioética), essa mudança se deve a um maior entendimento da técnica e de sua capacidade de estabelecer mais proposições para explicitar seu conhecimento no tema.

A integração da rede é dada pela conexão entre conceitos em níveis hierárquicos diferentes. Por exemplo, no caso do MC5 a hierarquia é mais óbvia porque a maioria dos conceitos (cinco) só está ligada a um conceito diretamente abaixo ou acima dele. Já no MC15, a hierarquia existe, é menos óbvia já que a maioria dos conceitos (oito) está ligada com outros dois ou mais conceitos. Isso significa que, para aumentar a integração da rede de proposições sem alterar o número de conceitos, o aluno deve realizar muitas ligações entre os conceitos existentes, atribuindo a estes a característica de serem múltiplos (iniciais ou finais). Portanto, quanto maior a proficiência do aluno, maior a quantidade de CMs. No caso do MC5 (Figura 4a), são quatro CIM (Geocentrismo, Igreja, Galileu e Ciência) e três CFM (Heliocentrismo, Evidências e Ciência) totalizando um valor relativo de $CIM+CFM=0,78$. Já o MC15 (Figura 4b) são cinco CFM (Polêmica, Processo Científico, Vida, Ciência e Sociedade) e quatro CIM (Ciência, Mais Tecnologia, Mais Controvérsia e Bioética) totalizando um valor relativo de $CIM+CFM=1,0$. Em ambos os MCs, o conceito com maior número de ligações é Ciência, possivelmente revelando a importância central desse conceito para a disciplina e os assuntos tratados em sala de aula.

Vale ressaltar que, independente do tema mapeado, os parâmetros da AE revelam que o MC15 ilustrado é de um aluno com nível de proficiência maior do que o aluno que elaborou o MC5 consequentemente revelando o nível de treinamento que esses alunos tiveram. Mas, isso não implica necessariamente em maior ou menor compreensão do tema. Para o professor, determinar a densidade proposicional e a quantidade de conceitos múltiplos dos MCs produzidos em sala é apenas um primeiro passo. O próximo passo seria a leitura de cada proposição feita e o julgamento quanto a sua clareza semântica, pertinência e validade conceitual, a partir dos conteúdos tratados na disciplina.

Conclusões

A partir dos resultados apresentados foi possível concluir que os três parâmetros DP, CIM e CFM foram capazes de descrever o processo progressivo de capacitação na técnica permitindo acompanhar a proficiência dos alunos ao longo da disciplina CN. Quanto maior o nível de proficiência do aluno, maior é a DP do MC elaborado. Isso é consequência do fato dos alunos relacionarem mais conceitos entre si tornando-os iniciais múltiplos (CIM) ou finais múltiplos (CFM). É possível concluir que a proficiência no uso da técnica de mapeamento conceitual foi resultado de um processo progressivo que ocorreu durante as 15 aulas da disciplina CN.

O período de treinamento é crítico para garantir que os alunos consigam expressar seus conhecimentos na forma de MCs. Os parâmetros da AE ajudaram a revelar o nível de proficiência dos alunos, em função do tempo e das atividades de treinamento na técnica que foram desenvolvidas durante a disciplina CN. Vale ressaltar que a AE não revela o grau de

entendimento conceitual que o aluno tem sobre o tema e, por isso, a leitura das proposições do MC complementa a análise descrita nesse trabalho. Aspectos semânticos devem ser analisados e discutidos com os alunos para avaliar cada proposição dos MCs, a fim de fazer um julgamento sobre a sua correção, pertinência e validade conceitual, considerando-se os conteúdos trabalhados em sala de aula.

Agradecimentos

CNPq e FAPESP.

Referências

- CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. **Re-examining the foundations for effective use of concept maps**. In: Novak, J. D.; Cañas, A. J. (Eds.), Proceedings of Second International Conference on Concept Mapping, San Jose: Universidad Costa Rica, 2006.
- CICUTO, C.A.T.; CORREIA, P.R.M. Neighborhood analysis: a new approach to evaluate the concept maps' propositional network. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1401-1411, 2012.
- CONRADTY, C.; BOGNER, F. X. Implementation of Concept Mapping to Novices: Reasons for Errors, a Matter of Technique or Content? **Educational Studies**, vol. 36, n.1, p. 47-58, 2010.
- CORREIA, P. R. M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E.; GODOY, C. E. C. **From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative concept maps**. In A. J. Cañas, P. R. Reiska; M. Ahlberg; J.D. Novak (Eds.), Proceedings of Fourth International Conference on Concept Mapping, Polisamaa: OU Vali Press, 2008.
- HILBERT, T. S.; RENKL, A. Concept mapping as a follow-up strategy to learning from texts: what characterizes good and poor mappers? **Instructional Science**, vol. 36, n.1, p. 53-73, 2008.
- KARPICKE, J. D.; BLUNT, J. R. Response to Comment on “Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping”. **Science**, vol. 334, n. 453, p. 453-d, 2011.
- NOVAK, J. D. Concept maps and vee diagrams: metacognitive tools to facilitate meaningful learning. **Instructional Science**, vol. 19, n.1, p. 29-52, 1990.
- NOVAK, J.D.; MUSONDA, D. A 12-year longitudinal study of science concept-learning. **American Educational Research Journal**, vol. 28, p. 117-153, 1991.
- NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. Nova Iorque: Routledge, 2010.
- ROMANO JR., J. G.; CORREIA, P. R. M. **A taxonomic scheme for propositional analysis**. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK; SANCHEZ, J. (Ed.). Proceedings of Fifth International Conference on Concept Mapping, Chile: Universidad de Santiago, 2010.
- SILVA JR., S. N.; ROMANO JR., J. G.; CORREIA, P. R. M. **Structural analysis of concept maps to evaluate the students' proficiency as mappers**. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK; SANCHEZ, J. (Ed.). Proceedings of Fifth International Conference on Concept Mapping, Chile: Universidad de Santiago, 2010.