



Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento

How to make good concept maps? Establishing benchmarks and proposing training activities

Joana Guilares de Aguiar

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo
joanaguilaes@usp.br

Paulo Rogério Miranda Correia

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
prmc@usp.br

Resumo

Os mapas conceituais (MCs) são organizadores gráficos que representam o conhecimento e facilitam a aprendizagem significativa. O sucesso dos MCs em sala de aula depende do entendimento dos fundamentos teóricos relacionados à técnica. Apresentamos quatro parâmetros de referência que ajudam a relacionar teoria e prática. Três atividades foram desenvolvidas a partir deles, visando o treinamento de usuários iniciantes. Dois MCs são apresentados para destacar o papel dos parâmetros de referência na avaliação da proficiência dos alunos na elaboração de MCs.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; mapas conceituais; modelos mentais; treinamento; proficiência.

Abstract

Concept maps (Cmaps) are graphical organizers that represent knowledge and foster meaningful learning. The successful use of Cmaps in classrooms depends on understanding the theoretical foundations related to this technique. We present four benchmarks to bridge theory and practice. Three activities were developed from them,

aiming the training of novice users. Two Cmaps are presented to highlight the role of the proposed benchmarks in assessing students' skill in developing MCs.

Keywords: Meaningful learning; concept maps; mental models; training; proficiency.

Introdução

Os organizadores gráficos são ferramentas úteis para representar o conhecimento, auxiliando na retenção e recuperação de informações durante o processo de aprendizagem (VEKIRI, 2002). Esse benefício pode ser explicado pelo processamento da informação na memória de trabalho. A Teoria da Dupla Codificação explica que os estímulos verbais (palavras, conceitos, textos) e imagéticos (figuras, arranjos espaciais, cores) podem ser processados simultaneamente na memória de trabalho, sem causar sobrecarga (PAIVIO, 1990). Por causa disso, organizadores gráficos, tais como esquemas, fluxogramas, cronogramas e mapas mentais podem potencializar a aprendizagem.

Entre os vários tipos de organizadores gráficos, a técnica de mapeamento conceitual, desenvolvida por Joseph Novak na década de 1970, vem sendo a nossa opção para representar os modelos mentais idiossincráticos dos indivíduos. A necessidade de usar proposições (Figura 1), contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais (MCs) mais poderosos do que os demais organizadores gráficos (DAVIES, 2011). Os MCs são diagramas proposicionais organizados de forma hierárquica, sempre com o objetivo de responder a uma pergunta focal (CAÑAS; NOVAK, 2006). Além disso, os MCs foram desenvolvidos com base na Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e Retenção Significativas de Ausubel, que prevê a organização do conhecimento em conceitos e proposições. Essa visão epistemológica subjaz e justifica a utilização dos MCs em sala de aula como forma de representar os modelos mentais dos alunos.

A aprendizagem segundo Ausubel pode ser descrita em um *continuum* entre dois extremos, denominados aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa (Figura 2). A aprendizagem mecânica é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios (A) e a nova informação (a). Como há pouco esforço para criar sentido ao relacioná-los, a nova informação pode ser esquecida após curto período de tempo, sendo difícil utilizá-la em um novo contexto. A aprendizagem significativa implica no estabelecimento de relações não arbitrárias e não literais entre os conhecimentos prévios (A) e a nova informação (a), onde o sujeito age intencionalmente para criar significado entre eles, de modo a transformar seus conhecimentos prévios (A'). Essa transformação causada pela nova informação é conhecida como obliteração, sendo essa uma maneira eficaz de reter novas informações na estrutura cognitiva. A nova informação não é mais distinguível do conhecimento prévio transformado (A') e o sujeito pode aplicá-la em contextos diferentes daqueles em que ocorreu a aprendizagem. Essa aplicação da nova informação é possível mesmo depois de decorrido um longo período de tempo (AUSUBEL, 2000, MAYER, 2002, MOREIRA, 1998, MOREIRA, 2006).

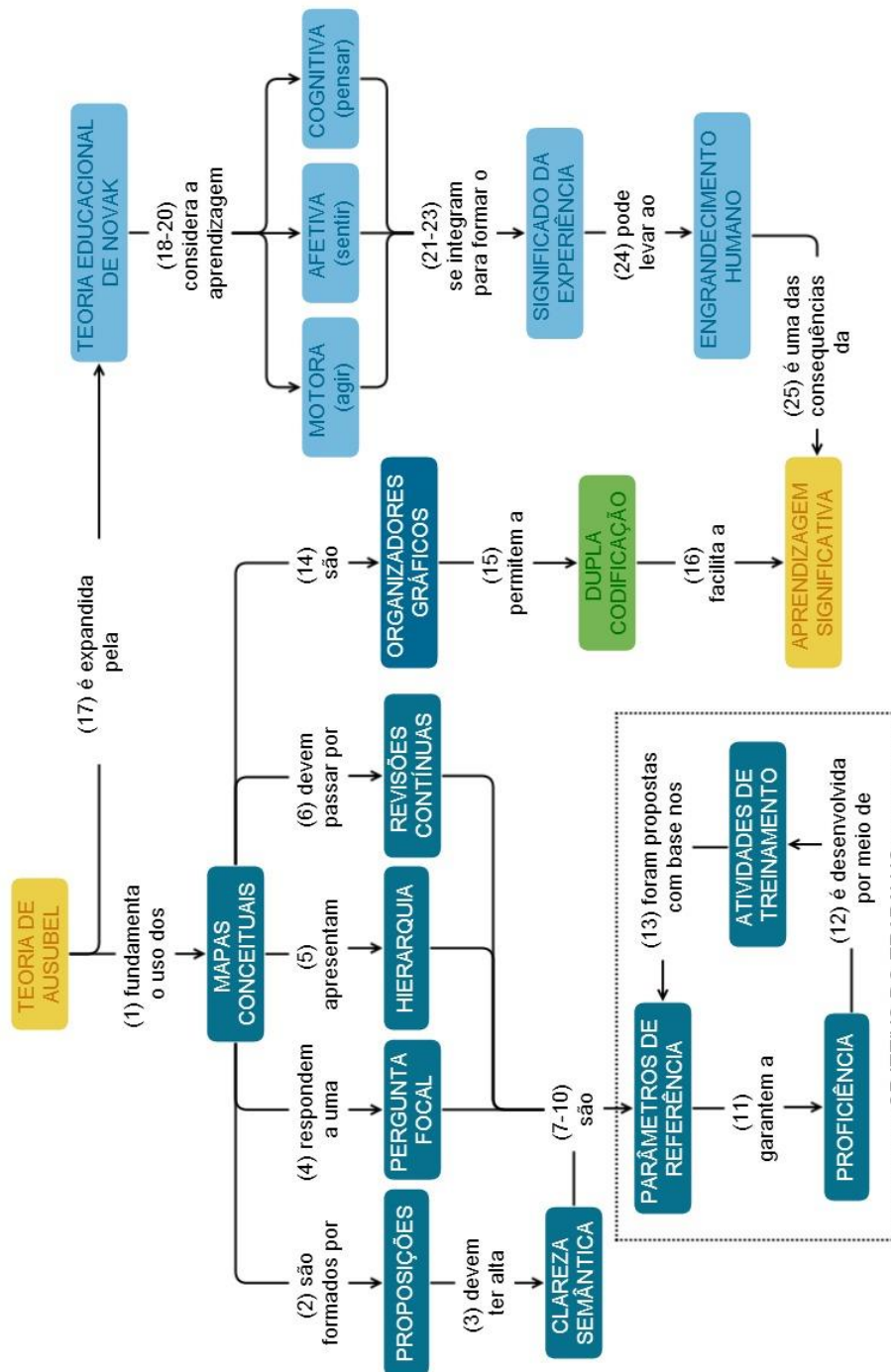


Figura 1: Articulação das Teorias de Ausubel (amarelo), de Novak (azul claro) e de Paivio (verde), com o mapeamento conceitual (azul escuro). A região pontilhada destaca o objetivo desse trabalho.

O mecanismo cognitivo preferencial de construção de conhecimento é via diferenciação progressiva, ou seja, quando as ideias e conceitos mais gerais e abrangentes são desdobrados em outros conceitos, pela introdução de detalhes e/ou exemplos em níveis hierárquicos mais específicos (AUSUBEL, 2000, pp.89-90, NOVAK, 2010, pp.70-71).

O MC da Figura 1 mostra, por exemplo, a diferenciação progressiva do conceito “Teoria Educacional de Novak” em outros conceitos mais específicos (“motora”,

“afetiva” e “cognitiva”), a fim de representar como Novak descreve o processo da aprendizagem humana. O indivíduo perceberá similaridades entre esses conceitos que, a princípio parecem díspares, quando eles estiverem suficientemente diferenciados, claros e estáveis na estrutura cognitiva. Esse processo é denominado reconciliação integrativa (AUSUBEL, 2000, p.91, NOVAK, 2010, p.71-75), que pode ser identificado na união dos conceitos “motora”, “afetiva” e “cognitiva” com o conceito “significado da experiência” (Figura 1).

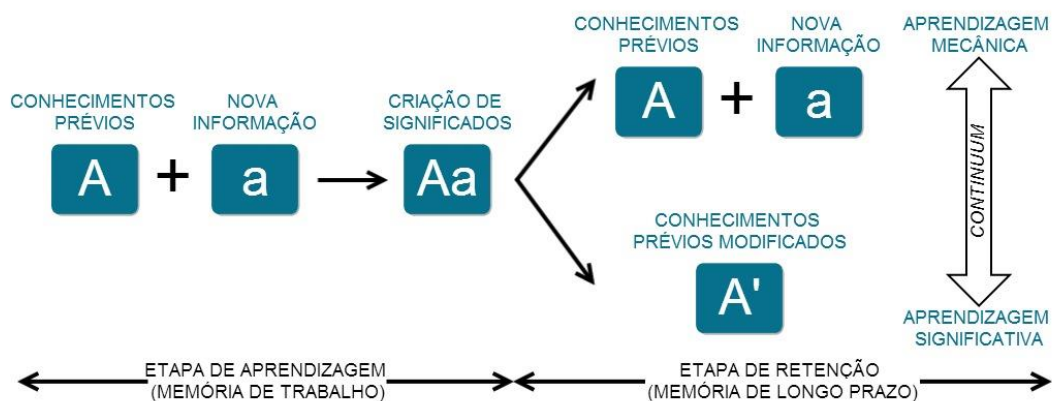


Figura 2: Comparação entre aprendizagem mecânica e significativa de acordo com a Teoria de Ausubel.

A Teoria Educacional de Novak adiciona um viés humanista à perspectiva cognitiva de Ausubel (Figura 1). Além do pensamento, os seres humanos também se engajam ativa e afetivamente durante o processo de aquisição de novos conhecimentos. O desafio educacional é lidar com as aprendizagens cognitiva, afetiva e motora, de modo a gerar significados positivos a partir dessas experiências. Isso leva ao engrandecimento humano, que torna o aluno capaz, responsável e autônomo pelo seu próprio processo de aprendizagem (NOVAK, 2010).

Apesar de vários trabalhos apontarem os benefícios da utilização dos MCs em sala de aula (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000, KINCHIN; LYGO-BAKER; HAY, 2008, NESBIT; ADESOPE, 2006, NOVAK, 1990, TORRES; MARRIOTT, 2009), nossa experiência vem demonstrando que os professores de Ciências não conseguem ter o sucesso esperado. Isso sugere um problema teórico-prático na escolha e utilização dos MCs como estratégia cotidiana de sala de aula (CONRADTY; BOGNER, 2010, HILBERT; RENKL, 2008, KINCHIN, 2001, CAÑAS; NOVAK, 2006). Entre as principais dificuldades são destacadas a falta de:

- *entendimento teórico do professor sobre os MCs e sobre a aprendizagem significativa,*
- *prática do professor em elaborar bons MCs, e*
- *treinamento a ser oferecido aos alunos, visto que a grande maioria é iniciante na técnica de mapeamento conceitual.*

O objetivo desse artigo é descrever parâmetros de referência para caracterizar bons MCs e propor uma sequência de atividades de treinamento para usuários iniciantes. O entendimento do mapeamento conceitual passa pelos quatro parâmetros de referência descritos a seguir:

- *proposições semanticamente claras como elementos característicos do MC;*

- *pergunta focal como elemento delimitador do escopo do MC;*
- *organização hierárquica como elemento estrutural da rede proposicional do MC;*
- *revisões contínuas do MC como forma de modificar o conhecimento representado, de acordo com as mudanças de entendimento conceitual do mapeador.*

Parâmetros de referência de um bom mapa conceitual

Clareza semântica das proposições

As proposições são a característica mais marcante dos MCs. Elas são formadas por dois conceitos unidos por um termo de ligação que expressa claramente a relação conceitual (Figura 3).

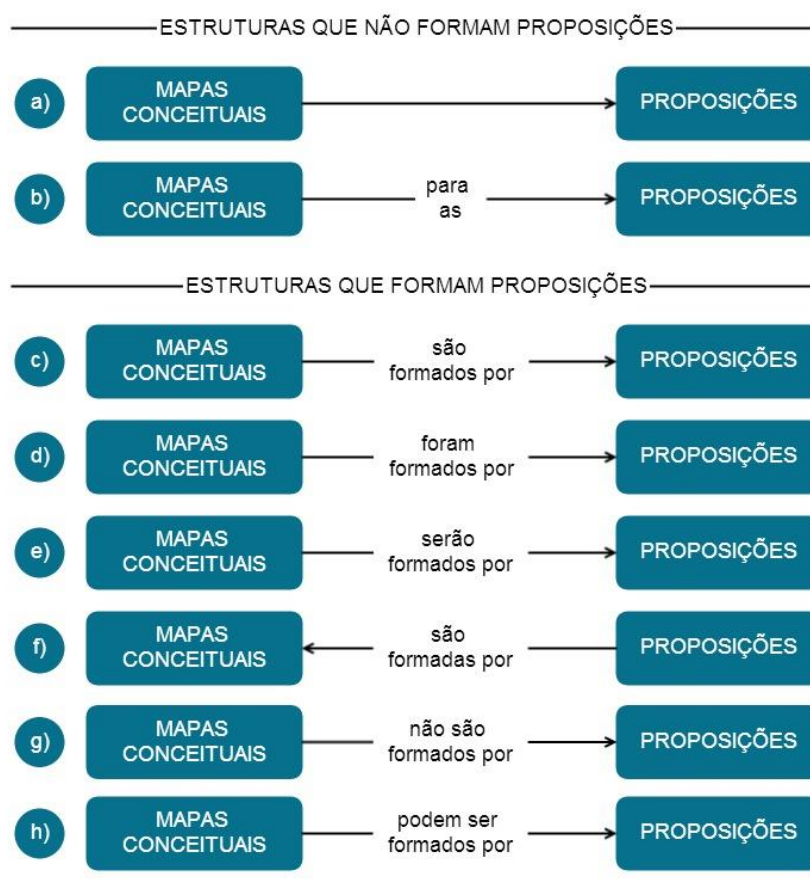


Figura 3: Exemplo de estruturas não proposicionais (a-b) e proposicionais (c-h), construídas a partir de variações do termo de ligação da proposição 2 da Figura 1.

A falta de um termo de ligação impede o entendimento da relação conceitual (Figura 3a) e produz um mapa mental, que se limita a representar a associação entre conceitos (DAVIES, 2011). A presença de um termo de ligação sem verbo (Figura 3b) gera uma estrutura que não pode ser classificada como proposição. A falta dos elementos semânticos e sintáticos produz uma mensagem incompleta, que não é capaz de expressar a relação conceitual com precisão.

Pequenas variações no tempo verbal do termo de ligação da proposição “mapas conceituais – são formados por → proposições” (Figura 3c) são suficientes para mudar drasticamente o seu sentido (Figuras 3d-3e). Nesse caso, as alterações tornaram errada a proposição inicialmente válida. A alteração da ordem de leitura pela inversão da seta (Figura 3f) ou a simples adição de advérbios de negação como “não”, “nunca”, “jamais” (Figura 3g) também geram esse mesmo efeito.

A escolha de um termo de ligação que expressa incerteza (Figura 3h) sugere uma compreensão parcial dos alunos sobre o conteúdo conceitual (NOVAK, 2002). A presença de proposições com alto grau de clareza semântica torna possível identificar erros conceituais declarados nos MCs dos alunos. Isso reforça a importância do treinamento para desenvolver a capacidade de elaboração de proposições com elevada precisão e correção gramatical para representar a relação entre os conceitos.

Pergunta focal

Muitas vezes, durante a elaboração de um MC, os alunos se distanciam do conteúdo pré-definido pelo professor. A pergunta focal é uma boa maneira de delimitar o tema do MC, especificando claramente a questão a ser respondida através da rede proposicional. Esse parâmetro de referência deve ser entendido como o elemento crítico para a seleção dos conceitos e proposições. Como consequência, a avaliação de um MC fica prejudicada se a pergunta focal não estiver devidamente declarada.

O MC da Figura 1 foi elaborado para responder a seguinte pergunta focal “Quais os principais assuntos tratados na introdução do artigo?”. É interessante notar que essa rede proposicional não responde a outras perguntas semelhantes sobre o tema, como “Qual é a diferença entre a aprendizagem significativa e mecânica?”. Nesse último caso, é necessário incluir outros conceitos, tais como “conhecimentos prévios”, “aprendizagem mecânica”, “retenção” e “criação de significados”. Novas proposições devem ser elaboradas a partir desses conceitos para responder a essa pergunta focal. A Figura 2 é um esquema que oferece um ponto de partida para compreender essa diferença, auxiliando no processo de elaboração de relações conceituais. Em síntese, devemos lembrar que um mesmo tema permite várias abordagens e cada abordagem pode dar origem a um MC para responder uma pergunta focal específica.

Organização hierárquica dos conceitos

O ser humano estrutura o conhecimento na memória de forma hierárquica. Essa organização é revelada durante a elaboração dos MCs por meio da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa de conceitos. A hierarquia deve ser usada de modo a representar níveis cada vez mais detalhados de conceitos. Aqueles mais gerais são colocados no topo do MC, de modo a superordenar os conceitos mais específicos como subordinados em níveis hierárquicos inferiores. O entendimento do conteúdo de um MC é compreendido com maior facilidade se a sua organização contemplar essa organização hierárquica. Por isso, eles devem começar a ser lidos a partir do conceito mais geral, escolhido como o conceito “raiz” do MC, ou seja, o ponto inicial da leitura da rede proposicional.

O aumento progressivo da compreensão de um conteúdo tende a mudar a estrutura da rede de proposições do MC, indicando novas relações hierárquicas entre os conceitos (Figura 4). O início da aprendizagem sobre um tema produz um MC “radial”, onde um único conceito serve de conexão com demais (Figura 4a). O aumento do domínio no tema pode levar ao encadeamento sequencial de conceitos, produzindo um MC “linear” (Figura 4b). O estabelecimento de relações entre conceitos, rompendo essa linearidade, revela maior compreensão sobre o tema e deixa a estrutura do MC parecida com uma “rede” (Figura 4c). Esse aumento de complexidade pode ser verificado pelo número de níveis hierárquicos presentes nessas estruturas: a estrutura radial tem somente 2 níveis hierárquicos (Figura 4a), enquanto as demais possuem vários (4 níveis nos exemplos das Figuras 4b-4c). Há um trabalho na literatura que relaciona o tipo de aprendizagem (mecânica ou significativa) com a característica da estrutura da rede proposicional do MC produzido pelos alunos (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Em síntese, somente alunos que aprendem um tema de forma significativa são capazes de produzir um MC “rede”, enquanto MCs “radiais” e “lineares” são persistentes durante o processo educativo dos alunos que optaram pela aprendizagem mecânica.

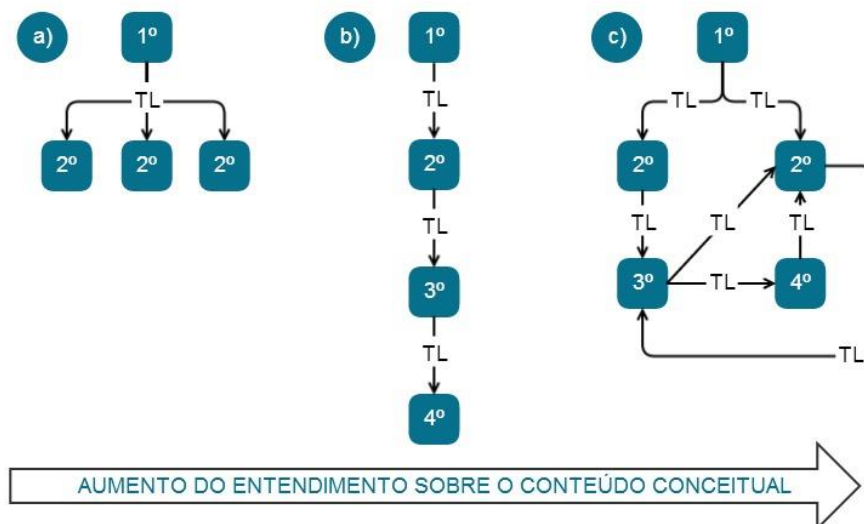


Figura 4: Três estruturas típicas de MCs: (a) radial, (b) linear e (c) rede.

Uma avaliação da Figura 1 nos permite observar uma grande quantidade de diferenciações e algumas reconciliações, assim como identificar uma estrutura em “rede” com pelo menos sete níveis hierárquicos, que se justificam pelo grau de inclusividade dos conceitos selecionados. O conceito “Teoria de Ausubel” é o conceito mais geral ou “raiz” do MC, sendo esse o ponto de partida de leitura da rede proposicional. Esse conceito é progressivamente diferenciado até chegar ao último nível hierárquico, representado pelo conceito “atividades de treinamento”. Esse é o conceito mais específico do MC (Figura 5).

A organização hierárquica do MC estimula o pensamento criativo, ao contrário do que pode parecer à primeira vista. A busca por ligações cruzadas estimula o processo de reconciliação integrativa, levando a *insights* criativos (NOVAK, 2010). Esses *insights* dificilmente seriam percebidos sem a possibilidade de explorar visualmente todos os conceitos utilizados para mapear o tema de interesse. As proposições 16 e 25 da Figura 1 podem ser consideradas como exemplos de ligações cruzadas. Enquanto a

Revisões contínuas

As revisões contínuas possibilitam ao mapeador reler as proposições, refletir sobre sua clareza e iniciar um processo de reconstrução das mesmas. Isso significa que o MC nunca está pronto, mesmo porque o aprendizado é um processo permanente que leva a mudanças nas relações conceituais. O caráter dinâmico do processo de revisão contínua rompe com o paradigma da resposta única e certa, frequentemente utilizado na avaliação da aprendizagem. Além disso, surge uma oportunidade de utilizar os erros conceituais revelados nos MCs como forma de guiar as próximas etapas da aprendizagem (CICUTO; CORREIA, 2013). Isso pode ser útil para selecionar materiais de estudo potencialmente significativos, de acordo com os tipos de dificuldades revelados nos MCs produzidos pelos alunos. Por fim, vale a pena destacar que as revisões contínuas aproximam os alunos de uma reflexão metacognitiva, visto que eles podem se tornar conscientes dos seus acertos, erros e estratégias que proporcionaram tais resultados de aprendizagem. O caráter processual da revisão dos MCs, fundamental para o uso apropriado dessa técnica em sala de aula, está de acordo com a visão construtivista proposta por Ausubel para descrever a aprendizagem significativa.

O MC apresentado na Figura 1 pode ser revisitado quantas vezes forem necessárias, visto que o entendimento atual dos autores sobre os assuntos da introdução resultou na rede proposicional publicada. O aprofundamento nas teorias mencionadas na Figura 1, foco de interesse do nosso grupo de pesquisa, certamente nos levará a fazer alterações nessa versão do MC. Esse fato, que é decorrência de um processo de aprendizagem permanente, ilustra a importância das revisões contínuas para manter a validade do MC como elemento representativo do conhecimento do mapeador.

Atividades de Treinamento

Três estratégias instrucionais foram desenvolvidas, testadas e aprimoradas para auxiliar os alunos a fazer bons MCs: a Tabela de Clareza Proposicional (TCP), o Mapa Conceitual Semiestruturado (MCSE) e a Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE). Cada uma das estratégias contribui, com maior ou menor ênfase, para o entendimento dos parâmetros de referência (Tabela 1).

Tabela 1: Contribuição relativa de cada atividade de treinamento para auxiliar professores e alunos na compreensão dos parâmetros de referência. Legenda: (•) Reduzida; (••) Intermediária; (•••) Elevada.

Atividades de treinamento	Parâmetros de referência			
	Clareza semântica das proposições	Pergunta focal	Hierarquia	Revisão contínua
MCSE	•	••	•••	•
ACE	••	•	•	•••
TCP	•••	••	•	•••

Tabela de Clareza Proposicional

A Tabela de Clareza Proposicional (TCP) requer que o aluno examine o conteúdo do MC por meio da leitura individual das proposições. Esse exercício é importante porque

facilita a identificação de proposições com problemas de clareza semântica, ou seja, aquelas que não possuem uma mensagem compreensível. O aluno deve ler cada proposição para avaliar o grau de clareza semântica respondendo à seguinte pergunta: é possível entender essa mensagem? O registro das respostas (sim ou não) permitirá ao aluno fazer uma revisão das proposições que não passarem nesse controle de qualidade. A Tabela 2 apresenta um exemplo de TCP, a partir das proposições apresentadas na Figura 3. É possível identificar com facilidade quais proposições merecem uma revisão, visando à melhoria do conteúdo semântico.

Tabela 2: Exemplo de Tabela de Clareza Proposicional construída a partir das proposições da Figura 3.

	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final	É possível entender essa mensagem?
a)	Mapas conceituais	-	Proposições	Não
b)	Mapas conceituais	para as	Proposições	Não
c)	Mapas conceituais	são formados por	Proposições	Sim
d)	Mapas conceituais	foram formados por	Proposições	Sim
e)	Mapas conceituais	serão formados por	Proposições	Sim
f)	Proposições	são formados por	Mapas conceituais	Sim
g)	Mapas conceituais	não são formadas por	Proposições	Sim
h)	Mapas conceituais	podem ser formados por	Proposições	Sim

A TCP possui quatro colunas, sendo que as três primeiras descrevem o conteúdo das proposições e a última registra o julgamento do mapeador sobre a clareza semântica (Tabela 2). Veja, por exemplo, que as proposições “a” e “b” não são compreensíveis por causa da ausência de termo de ligação e de verbo, respectivamente. As demais proposições possuem alta clareza semântica e possuem mensagens facilmente compreendidas por qualquer leitor que domine o nosso idioma. É interessante notar que não há uma relação direta entre clareza semântica e correção conceitual. A proposição “c” está clara e conceitualmente correta, enquanto a proposição “g” está clara e conceitualmente errada. A proposição “h” está clara e contém uma mensagem menos contundente sob o ponto de vista conceitual, por causa da presença do verbo “poder”. Essa comparação destaca o valor do mapeamento conceitual, quando dispomos de MCs bem elaborados: proposições com clareza semântica relevam erros, imprecisões e acertos conceituais que são úteis para verificar a compreensão dos alunos sobre os conteúdos de Ciências (CICUTO; CORREIA, 2013).

Mapa Conceitual Semiestruturado

O Mapa Conceitual Semiestruturado (MCSE) foi inspirado nas experiências sobre o pensamento dinâmico e pelo MC com estrutura cíclica, ambos descritos na literatura (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005, DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2004, 2006).

O objetivo do MCSE (Figura 6) é estimular um exercício de síntese pela seleção dos conceitos mais relevantes, sem restringir o número de proposições que o aluno pode elaborar. Espera-se que o aluno seja capaz de produzir uma rede proposicional integrada e com estrutura hierárquica bem definida, semelhante à apresentada na Figura 4c, que é um indicador da ocorrência de aprendizagem significativa (KINCHIN;

HAY; ADAMS, 2000). Alunos proficientes são capazes de selecionar poucos conceitos relevantes e hierarquizá-los de modo a elaborar uma quantidade suficiente de proposições que responda à pergunta focal.



Figura 6: Exemplo de Mapa Conceitual Semiestruturado (MCSE) com nove conceitos. O MCSE deve ser elaborado de modo a conseguir realizar a leitura de todas as proposições a partir do “conceito raiz”.

Aprendizagem Colaborativa Expandida

A Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE) envolve a revisão por pares de MCs elaborados de forma colaborativa (Figura 7). A revisão por pares é pouco explorada, apesar de ser uma forma de romper com o paradigma tradicional da avaliação na sala de aula. Ela apresenta duas características que merecem destaque:

- *a redução da assimetria de poder entre professor e alunos,*
- *a possibilidade de interação aluno-aluno, permitindo colaboração entre sujeitos que estão em zonas de desenvolvimento proximal (ZDP) similares (NOVAK, 2010; VYGOTSKY, 1978).*

A ACE representada na Figura 7 considera nove alunos que elaboram MCs individuais, para tornar explícitos os seus modelos mentais idiossincráticos (figuras com formas diferentes). Nesse momento, o professor identifica quais são os alunos com maior domínio no conteúdo (figuras escuras) e pode planejar a formação de pequenos grupos (A, B e C) distribuindo ao menos um desses alunos por grupo. A partir dos MCs individuais, os grupos trabalham de forma colaborativa, compartilhando significados por meio de conceitos e proposições. O resultado final é um MC colaborativo, que pode ser revisado por pares, ou seja, alunos de outro grupo fazem comentários e sugestões de melhorias. Por fim, os MCs revisados retornam ao seu grupo de origem (autores), que pode acatar ou não às observações.

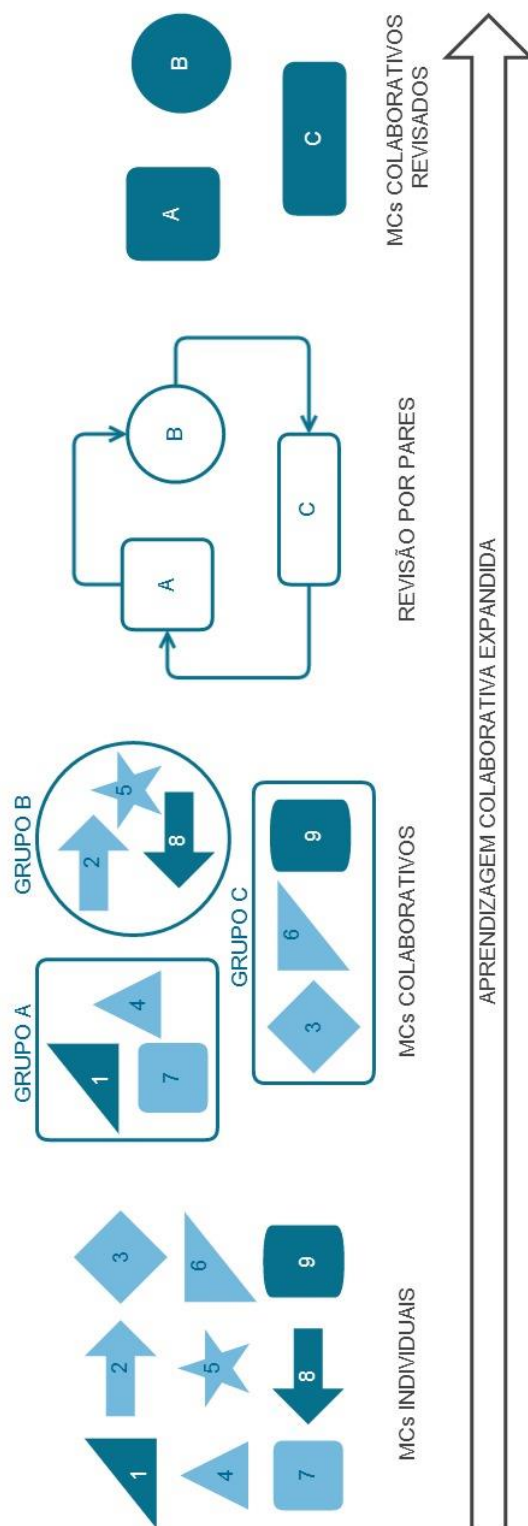


Figura 7: Etapas da Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE) como atividade de treinamento em mapeamento conceitual: (1) elaboração dos MCs individuais (figuras diferentes indicam modelos mentais idiossincráticos), (2) formação dos grupos A-C (cada grupo possui pelo menos um aluno que domina o conteúdo - figuras escuras) para elaboração de MCs colaborativos, (3) expansão da colaboração pela revisão por alunos de outros grupos e (4) retorno dos MCs comentados aos autores para revisão final.

Mapas Conceituais na Disciplina Ciências da Natureza

O uso intensivo de MCs é feito durante as aulas da disciplina Ciências da Natureza (CN) desde 2008. Ela é oferecida a todos os alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH USP/Leste), tendo com objetivo explicitar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) e como elas afetam a vida dos cidadãos da sociedade do conhecimento (CORREIA et al., 2010). As atividades de treinamento em MCs são aplicadas durante as aulas 1-4, a fim de introduzir os fundamentos teóricos e práticos mínimos para que os alunos sejam capazes de desenvolver suas habilidades como mapeadores. Isso requer um planejamento cuidadoso para que o conteúdo específico da disciplina não seja prejudicado, devido ao tempo necessário para trabalhar a técnica de mapeamento conceitual com os alunos. A proposta que tem produzido os melhores resultados é o de explorar os conteúdos da disciplina para gerar os MCs que, por sua vez, levam às discussões sobre o mapeamento conceitual. Para isso, os alunos continuam a elaborar MCs sobre temas relacionados às Ciências durante as aulas 5-15.

Dois MCSEs elaborados por alunos são apresentados na Figura 8 para ilustrar como os parâmetros de referência são úteis para identificar o nível de proficiência do mapeador na técnica.

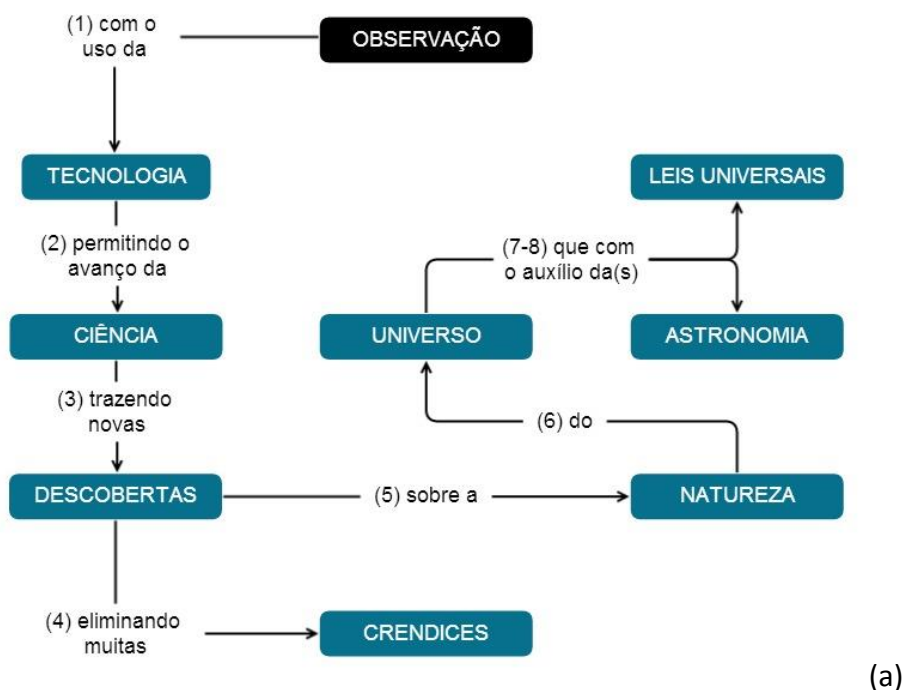
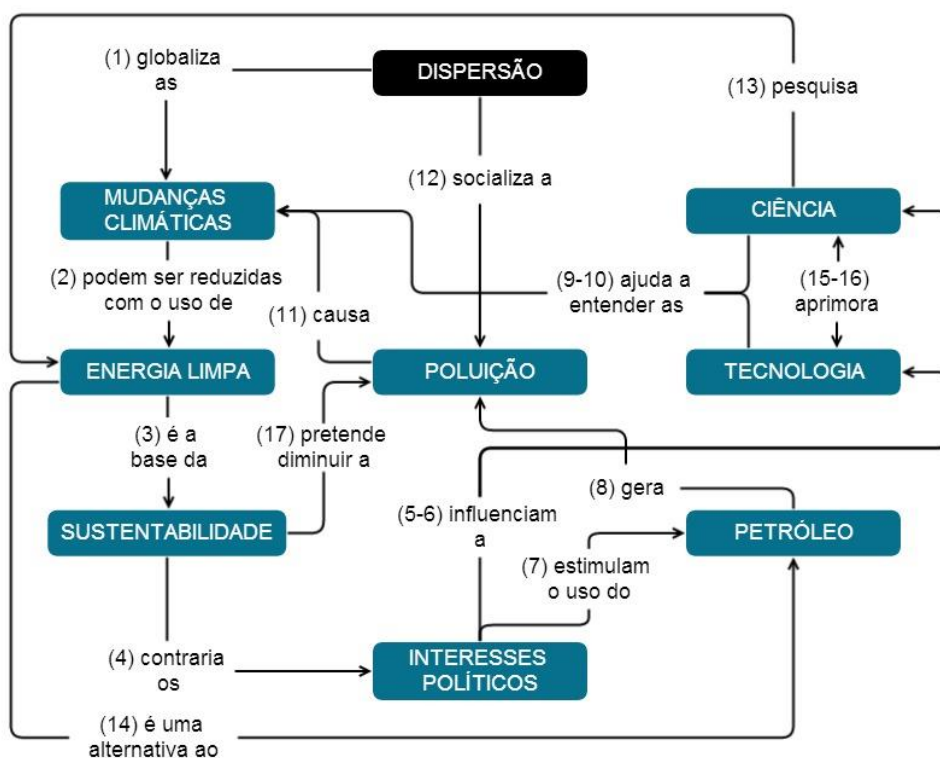


Figura 8: MCSEs de nove conceitos produzidos por alunos durante a disciplina de CN que responde às perguntas focais: (a) Quais aspectos limitaram e contribuíram para o desenvolvimento da Astronomia?, elaborado na aula 5 pela aluna A, contendo 8 proposições; (b) Como o desenvolvimento científico e tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?, elaborado na aula 10 pelo aluno B, contendo 17 proposições.

(continuação da Figura 8)



(b)

Na Tabela 3 é oferecida uma análise comparativa dos MCSEs da Figura 8, a partir dos quatro parâmetros de referência propostos nesse trabalho.

Tabela 3: Avaliação dos MCSEs apresentados na Figura 8, produzidos por alunos durante a disciplina CN.

Parâmetro de referência	MCSE	Avaliação
Clareza semântica das proposições	8a	Cinco das oito proposições não contém verbo no termo de ligação (exemplos: “descobertas – sobre a → natureza” e “natureza – do → Universo”). As outras três proposições apresentam verbos no gerúndio, que não estão flexionados de acordo com o conceito inicial da proposição. Isso também compromete a clareza semântica das proposições. No exemplo “descobertas – eliminando muitas → credences”, fica a impressão de que esse é um processo em andamento, mas a aluna A poderia ter declarado isso incluindo o verbo ser no termo de ligação: “descobertas – estão eliminando muitas → credences”.
	8b	Todas as proposições apresentam verbo no termo de ligação e alta clareza semântica. Vale a pena destacar que os verbos estão flexionados para concordar com os conceitos iniciais das proposições (exemplos: “petróleo – gera → poluição” e “interesses políticos – estimulam o uso do → petróleo”). Esse grau de clareza semântica é desejável porque permite ao professor fazer uma avaliação sobre a correção conceitual da mensagem da proposição. Clareza semântica não implica em correção conceitual.

(continuação da Tabela 3)

Parâmetro de referência	MCSE	Avaliação
Pergunta focal	8a	As especificidades da pergunta focal (Quais aspectos limitaram e contribuíram para o desenvolvimento da Astronomia?) foram desconsideradas pela aluna A. Ela se deteve nos aspectos gerais do tema, relacionando conceitos de forma superficial. Isso revelou uma abordagem ingênua do tema, quando se considera o tratamento que o assunto recebeu durante as aulas da disciplina.
	8b	A rede proposicional responde à pergunta focal (Como o desenvolvimento científico e tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?), explorando articulações CTSA. Todos os conceitos escolhidos fazem parte do contexto discutido em sala de aula e representam o nível de abordagem empregado nas discussões da disciplina.
Organização hierárquica dos conceitos	8a	A estrutura do MC é linear, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Há poucas diferenciações progressivas e nenhuma reconciliação integrativa. Isso pode indicar a ocorrência de aprendizagem mecânica, ou a falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual (esse MC foi elaborado pela aluna A na aula 5 da disciplina).
	8b	Esse é um exemplo de MC em rede, contendo muitas proposições. As relações conceituais expressam diferenciações progressivas e reconciliações integrativas. Essa complexidade estrutural indica a ocorrência da aprendizagem significativa e a proficiência na técnica de mapeamento conceitual. Esse MC foi elaborado pelo aluno B na aula 10 da disciplina. Cabe lembrar que aprendizagem significativa comporta erros conceituais, passíveis de correção com a mediação do professor.
Revisões contínuas	8a	A revisão desse MC não utilizou a TCP, nem a avaliação por pares. Isso pode explicar, em parte, a baixa qualidade do MCSE produzido pela aluna A. A TCP seria útil na identificação da falta de clareza semântica das proposições e a revisão por pares ajudaria a perceber a falta de aderência à pergunta focal.
	8b	A revisão desse MC se beneficiou do uso da TCP (feita pelo aluno B) e da revisão por pares (feita por outros dois alunos da sala de forma anônima). Isso pode explicar a alta qualidade do MC final, apresentado nesse trabalho. A versão inicial, elaborada pelo aluno B já estava muito boa, mas pequenos ajustes melhoraram ainda mais a clareza semântica (TCP) e o conteúdo de algumas proposições (sugestões feitas pelos leitores críticos do MC).
Avaliação geral	8a	Não atende aos requisitos dos parâmetros de referência. Isso indica falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual. É preciso investir mais tempo no treinamento da aluna A para que ela seja capaz de fazer bons MCs.
	8b	Atende aos requisitos dos parâmetros de referência. O aluno B é proficiente na técnica de mapeamento conceitual. Um MC com erros conceituais indica que aluno B tem dificuldades com o conhecimento conceitual e não com a elaboração de MCs.

Considerações Finais

A técnica de mapeamento conceitual é uma ferramenta de organização e representação do conhecimento que pode levar a um alto nível de aprendizagem significativa. Entretanto, a facilidade em compreender como se elabora um MC pode ser uma armadilha perigosa para os professores, visto que eles podem deduzir que sua utilização em sala de aula é igualmente trivial. O sucesso na utilização dos MCs como uma estratégia inovadora em sala de aula depende de um período de treinamento na técnica, que deve envolver professores (primeiro) e seus alunos (depois).

Há quatro parâmetros de referência que definem a proficiência na técnica de mapeamento conceitual: (i) clareza semântica das proposições, (ii) pergunta focal, (iii) organização hierárquica dos conceitos e (iv) revisões contínuas. Eles foram considerados para a elaboração de três atividades de treinamento de alunos iniciantes em mapeamento conceitual: tabela de clareza proposicional, mapa conceitual semiestruturado e aprendizagem colaborativa expandida. Essas atividades foram desenvolvidas no contexto de uma disciplina presencial sobre as Ciências da Natureza, ministrada a alunos do ensino superior. Elas geram bons resultados e a maioria dos alunos da disciplina se torna usuários proficientes da técnica. Por outro lado, devemos encarar essa experiência como um ponto de partida à criatividade de professores e pesquisadores que, como nós, também se preocupam em treinar seus alunos a fazer bons MCs. Os parâmetros de referência podem ser tomados como elementos teórico-práticos para guiar o desenvolvimento de novas atividades de treinamento, visando complementar as estratégias apresentadas nesse trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (486194/2011-6) e à FAPESP (2012/22693-5) por financiar os trabalhos do nosso grupo de pesquisa.

Referências

- AUSUBEL, D. P., **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. Re-examining the foundations for effective use of concept maps. In: Second International Conference on Concept Mapping, San Jose, Costa Rica, 2006.
- NOVAK, J. D. CAÑAS, A. J. (Eds.) **Proceedings...** San Jose: Universidad Costa Rica, 2006.
- CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. Estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas em mapas Conceituais: um ponto de partida para promover a aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, vol. 3, n.1, p. 1-11, 2013.
- 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.; VALLE, B.; DAZZANI, M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. **Journal of Cleaner Production**, vol. 18, n.7, p. 678-685, 2010.
- DAVIES, M. Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? **Higher Education**, vol. 62, n.3, p. 279-301, 2011.

- DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, A. J. **Experiments on the Effect of Map Structure and Concept Quantification during Concept Map Construction**. In: First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain, 2004. CAÑAS, A. J. NOVAK J. D. González, F. M. (Eds.) Proceedings...Pamplona: Universidad Pública de Navarra, 2004.
- DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, A. J. **Two Strategies for Encouraging Functional Relationships in Concept Maps**. In: Second International Conference on Concept Mapping, San Jose, Costa Rica, 2006. NOVAK, J. D. CAÑAS, A. J. (Eds.) Proceedings...San Jose: Universidad Costa Rica, 2006.
- 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.
- KINCHIN, I. M. If concept mapping is so helpful to learning biology, why aren't we all doing it? **International Journal of Science Education**, vol. 23, n.12, p. 1257-1269, 2001.
- KINCHIN, I. M.; HAY, D. B.; ADAMS, A. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. **Educational Research**, vol. 42, n.1, p. 43-57, 2000.
- KINCHIN, I. M.; LYGO-BAKER, S.; HAY, D. B. Universities as centres of non-learning. **Studies in Higher Education**, vol. 33, n.1, p. 89-103, 2008.
- MAYER, R. E. Rote versus meaningful learning. **Theory into Practice**, vol. 41, n.4, p. 226-232, 2002.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1998.
- MOREIRA, M. A. **A Teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: UnB, 2006.
- NESBIT, J. C.; ADESOPE, O. O. Learning with Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis. **Review of Educational Research**, vol. 76, n.3, p. 413-448, 2006.
- 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. Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, vol. 86, n.4, p. 548-571, 2002.
- NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge**: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. Nova Iorque: Routledge, 2010.
- PAIVIO, A. **Mental representations**: a dual coding approach. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- SAFAYENI, F.; DERBENTSEVA, N.; CAÑAS, A. J. A Theoretical Note on Concept Maps and the Need for Cyclic Concept Maps. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 42, n.7, p. 741-766, 2005.
- TORRES, P. L.; MARRIOTT, R. C. V. **Handbook of research on collaborative learning using concept mapping**. Hershey: Information Science Reference, 2009.
- VEKIRI, I. What is the value of graphical displays in learning? **Educational Psychology Review**, vol. 14, n.3, p. 261-312, 2002.
- VYGOTSKY, L. S. **Mind in society**: the development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

Submetido em novembro de 2012, aceito para publicação em outubro de 2013.