

ANÁLISE DE VIZINHANÇA DE MAPAS CONCEITUAIS A PARTIR DO USO DE MÚLTIPLOS CONCEITOS OBRIGATÓRIOS*

Neighborhood analysis of concept maps considering the use of multiple compulsory concepts

Paulo Rogério Miranda Correia¹ · Camila Aparecida Tolentino
Cicuto² · Bianca Dazzani³

Resumo: Os mapas conceituais (MCs) são úteis para representar o conhecimento e promover a aprendizagem significativa. O objetivo desse trabalho foi utilizar a análise de vizinhança (AViz) para avaliar a aprendizagem dos alunos. Oxigênio, hemácias, células e nutrientes foram conceitos obrigatórios (COs) que deveriam ser utilizados durante a elaboração de um MC para responder à seguinte pergunta: “como os nutrientes e o oxigênio chegam à célula?”. Os resultados revelaram que proposições relacionando COs podem ser indicadores de uma adequada compreensão conceitual sobre o tema. Dos 36 MCs considerados, mais de 70% apresentaram 2 ou 3 proposições CO-CO. A AViz é uma maneira simples para identificar proposições com erros ou falta de clareza semântica, permitindo que os professores avaliem o nível de entendimento conceitual dos alunos durante o processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de biologia. Aprendizagem significativa. Avaliação da aprendizagem. Mapa conceitual.

Abstract: Concept maps (CMs) are useful to represent knowledge and promote meaningful learning. The aim of this study was to use Neighborhood Analysis (NeAn) to assess students' learning outcomes. Oxygen, erythrocyte, cells and nutrients were compulsory concepts (CCs) that must be used during the preparation of a CM to answer “how do nutrients and oxygen reach the cell?”. The results showed that propositions involving CCs may be indicators of an adequate conceptual understanding about the topic. From all CMs considered in this study (n=36), more than 70% presented two or three CC-CC propositions. NeAn is a straightforward way to identify propositions with mistakes or lack of semantic, allowing teachers to assess students' level of conceptual understanding during the learning process.

Keywords: Biology teaching. Meaningful learning. Learning evaluation. Concept maps.

* Parte desse trabalho foi apresentado oralmente durante o VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CIEC), realizado na Universidade Estadual de Campinas entre os dias 05 e 09 de dezembro de 2011.

¹ Universidade de São Paulo (USP), Escola de Artes, Ciências e Humanidades, (EACH), Avenida Arlindo Bettio, 1000, Bloco I-1, Sala 346/D, CEP 03828-000, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: prmc@usp.br

² Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, São Paulo, SP, Brasil.

³ Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Química, São Paulo, SP, Brasil.

Introdução

O mapeamento conceitual é uma técnica de representação gráfica da informação e do conhecimento. Desde a sua introdução na década de 1970, os mapas conceituais (MCs) têm sido frequentemente utilizados na área de educação/ensino e no âmbito corporativo, embora sejam, às vezes, confundidos com simples esquemas ou diagramas. Eles são instrumentos que podem levar a modificações na maneira de ensinar, avaliar e aprender (NOVAK, 2002, 2010). A maioria das pesquisas sobre os MCs se concentra no campo da educação e ensino (sobretudo no ensino de ciências). Elas podem ser organizadas em quatro categorias: avaliação (CICUTO; CORREIA, 2012; HAY, 2007; HILBERT; RENKL, 2008; KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; NOVAK, 2002; OLIVER, 2009), aprendizagem, (CORREIA; DONNER JR.; INFANTE-MALACHIAS, 2008; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; HAY; KINCHIN; LYGO-BAKER, 2008; SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005), cognição (AMADIEU et al., 2009; IFENTHALER; MASDUKI; SEEL, 2011; KARPICKE; BLUNT, 2011) e colaboração (FISCHER et al., 2002; TORRES; MARRIOTT, 2009).

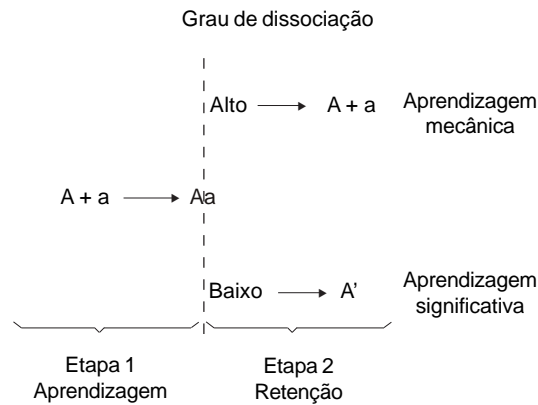
Os MCs são representações gráficas bidimensionais de parte da estrutura cognitiva do mapeador. As proposições, estruturas fundamentais dos MCs, são formadas pela união de dois conceitos por meio de um termo de ligação (conceito inicial - termo de ligação → conceito final). A inclusão de um termo de ligação é o principal diferencial dos MCs. Isso permite explicar com precisão a relação entre os conceitos. A seta indica o sentido de leitura da proposição, que deve possuir um elevado grau de clareza semântica (CORREIA, 2012; NOVAK, 2002, 2010).

Atividades relacionadas com o mapeamento conceitual permitem estimular a aprendizagem significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 1999, 2006). A Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e Retenção Significativas foi proposta por David Ausubel em 1963, e descreve o processo cognitivo de assimilação de novos conhecimentos. Há três condições fundamentais que devem ser observadas para a ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000):

- . os conhecimentos prévios do aluno devem ser considerados como o ponto de partida para a nova aprendizagem;
- . o material instrucional deve ser potencialmente significativo; e
- . o aluno deve optar deliberadamente pela aprendizagem significativa.

Ausubel (2000) descreve o processo de aprendizagem usando um continuum entre dois extremos, caracterizados pela aprendizagem significativa e mecânica. A diferença fundamental entre elas está na forma de relacionar as novas informações com os aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de cada indivíduo. A aprendizagem pode ser considerada significativa se tais relações forem estabelecidas de forma não arbitrária e não literal, exigindo um esforço intencional por parte do aluno em relacionar o que ele já sabe com as novas informações. A aprendizagem é considerada mecânica quando as relações são estabelecidas de forma arbitrária e literal, sem que o aluno tenha que conferir sentido entre o que ele já sabe e a nova informação (AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 1999, 2006; NOVAK, 2010). A comparação esquemática dos resultados obtidos pela aprendizagem mecânica e significativa após a fase de retenção, segundo a Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e Retenção Significativas de Ausubel, é apresentada na Figura 1.

Figura 1. Comparação esquemática dos resultados obtidos pela aprendizagem mecânica e significativa após a fase de retenção, de acordo com a Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e Retenção Significativas.



Legenda: A = conhecimento prévio; a = nova informação; Aa = produto interacional e A' = novo conhecimento.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Etapa 1, os conhecimentos prévios de um indivíduo sobre determinado assunto (A) funcionam como “pontos de ancoragem” às novas informações (a). O produto interacional formado (Aa) pode apresentar alto ou baixo grau de dissociação. Alto grau de dissociação do produto interacional (Aa) tem como consequência a aprendizagem mecânica, e a nova informação não se vincula adequadamente aos esquemas conceituais que o indivíduo já possui. Nesse caso, ela é esquecida e dificilmente aplicada após o período de aprendizagem (Etapa 2).

Quando as relações entre o conhecimento prévio (A) e as novas informações (a) são não arbitrárias e não literais, o grau de dissociação do produto interacional (Aa) é baixo. A busca por relações com significados faz com que o produto interacional Aa seja significativo para o indivíduo nessa situação, provocando a alteração dos conhecimentos prévios originais (A) que foram utilizados durante a aquisição de novas informações (a). Esse processo, conhecido como obliteração, resulta na retenção da nova informação e a sua aplicação em contextos diferentes daquele em que ocorreu a aprendizagem (AUSUBEL, 2000).

A aprendizagem significativa é, portanto, algo mais desafiador do que aprender mecanicamente. Ela requer um comprometimento contínuo por parte do aluno, que deve sempre buscar relações conceituais significativas. Neste contexto, é importante que o professor disponha de uma maneira simples para identificar os erros conceituais e as relações conceituais ingênuas para manter os alunos comprometidos com a aprendizagem significativa ao longo das aulas (CICUTO; CORREIA, 2013a).

Análise de vizinhança a partir do uso de múltiplos conceitos obrigatórios

Nosso grupo de pesquisa desenvolveu a análise de vizinhança (AViz) com o objetivo de auxiliar o professor na rápida avaliação de MCs durante o processo de aprendizagem. A AViz é uma forma inovadora de utilizar o mapeamento conceitual para avaliar comparativamente um conjunto de MCs sobre um mesmo assunto (CICUTO; CORREIA, 2012). A estratégia instrucional subjacente à AViz exige que o mapeador utilize compulsoriamente alguns conceitos ao elaborar um MC (CICUTO; CORREIA, 2013b), os quais são denominados conceitos obrigatórios (COs) (Figura 2). Quando os COs são selecionados criteriosamente pelo professor, o esforço cognitivo imposto aos alunos é maior do que aquele usualmente necessário para obter bom desempenho em provas convencionais (KRATHWOHL, 2002). Os critérios para escolher o(s) CO(s) adequadamente são:

- . selecionar conceitos que favoreçam processos epistemológicos de transformação e integração do conhecimento (conceitos limiares, do inglês *threshold concepts*), conforme a proposta apresentada por Meyer e Land (2005);

- . discutir em profundidade os conceitos selecionados durante as atividades didáticas; e

- . utilizar os conceitos para abordar a pergunta focal de forma adequada.

A AViz utiliza o(s) CO(s) como ponto(s) privilegiado(s) para avaliar as proposições do MC. A partir do(s) CO(s), todos os conceitos utilizados são classificados em conceitos vizinhos (CVs), os quais estão diretamente relacionados ao(s) CO(s), ou conceitos complementares (CCs), os quais não estão diretamente relacionados ao(s) CO(s).

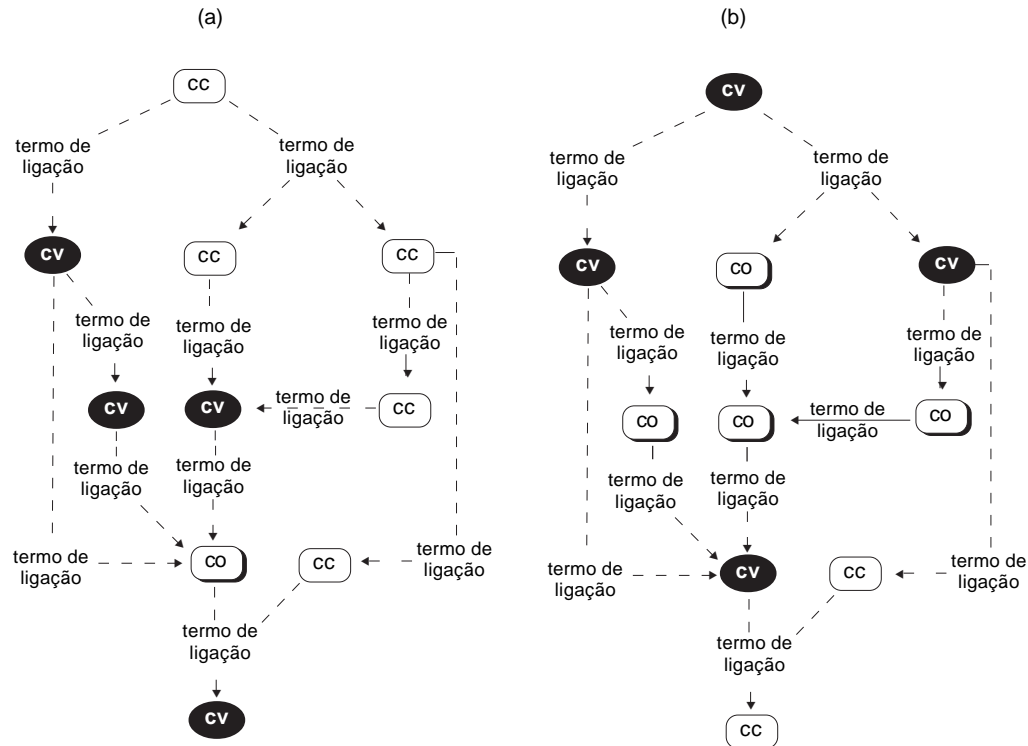
A partir do uso de um único conceito obrigatório (Figura 2a), é possível avaliar as relações estabelecidas entre o CO e seus vizinhos (CVs). Esta classificação permite, por exemplo, avaliar a relevância que o mapeador confere ao CO, a partir da estrutura da rede proposicional do MC (CICUTO; CORREIA, 2012). Por outro lado, não é possível verificar proposições envolvendo somente COs, que podem revelar relações conceituais fundamentais para a compreensão do assunto mapeado. A Figura 2b representa um MC contendo quatro COs, no qual é possível verificar relações entre eles. O presente estudo partiu da hipótese de que a seleção de múltiplos COs pode revelar informações que não podem ser percebidas com o uso de um único CO, forma na qual os estudos envolvendo a análise de vizinhança (AViz) foram desenvolvidos até o momento (CICUTO; CORREIA, 2012). A possibilidade de utilizar COs múltiplos ainda não foi discutida na literatura.

O presente trabalho tem como objetivo utilizar a análise de vizinhança (AViz) para avaliar a aprendizagem dos alunos. Quatro conceitos obrigatórios (COs) foram utilizados para verificar a compreensão dos alunos sobre transporte de nutrientes para as células: oxigênio, hemácias, células e nutrientes. A AViz deve ajudar na avaliação da aprendizagem relacionada com o papel das hemácias como transportadora de gases.

Coleta de dados

A coleta de dados empíricos foi feita para os MCs produzidos individualmente por alunos em uma atividade de ensino sobre obtenção de energia pela célula. Antes da realização

Figura 2. Classificação dos conceitos de um MC para a análise de vizinhança (AViz). A Figura 2a representa um MC contendo um CO. A Figura 2b representa um MC contendo mais de um CO (n = 4).



Legenda: conceitos obrigatórios (COs, retângulo sombreado); conceitos vizinhos (CVs, círculo preto); conceitos complementares (CCs, retângulo sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm relações entre COs; setas contínuas indicam proposições que contêm relação entre os COs.

Fonte: elaborada pelos autores.

das atividades, os alunos passaram pelo processo de capacitação para a elaboração de MCs (AGUIAR; CORREIA, 2013; AGUIAR; CICUTO; CORREIA, 2014). A capacitação foi baseada em quatro conceitos centrais do mapeamento conceitual:

1. Proposição (P): é a unidade fundamental dos MCs. Ela deve ser entendida como a unidade semântica formada pela união de um conceito inicial, de um termo de ligação e de um conceito final;

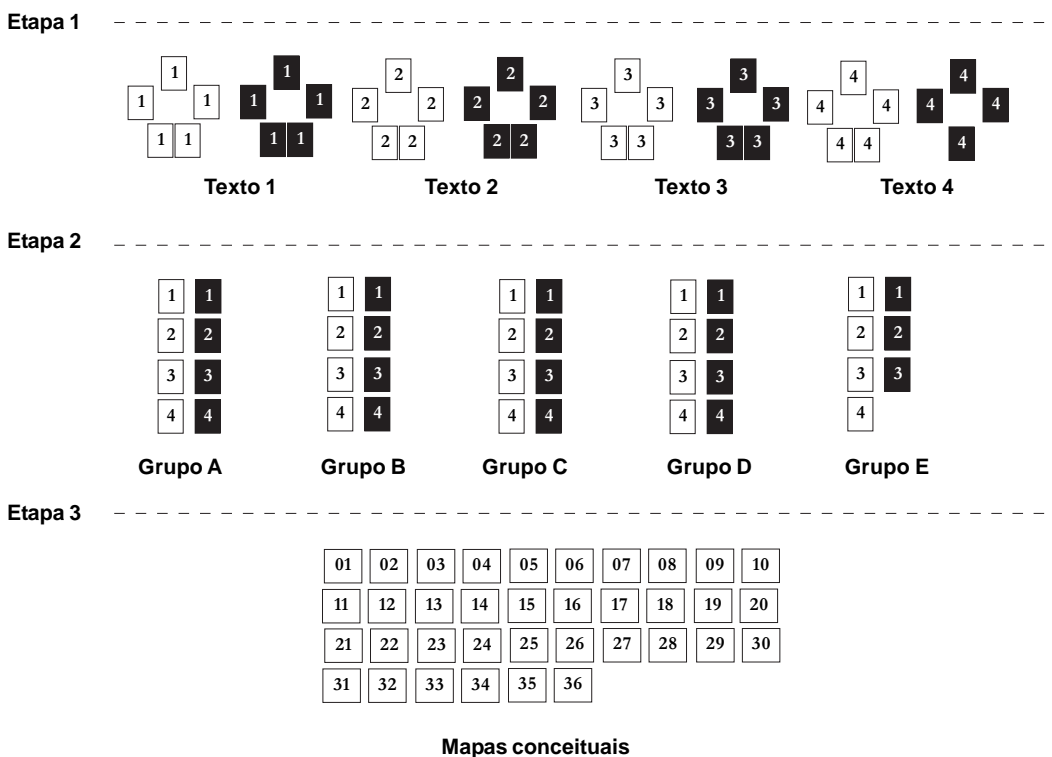
2. Pergunta Focal (PF): é o objetivo final do MC. Sua rede proposicional deve responder à PF da melhor maneira possível. Ela é um parâmetro crítico para seleção de proposições (P);

3. Revisão recursiva (RR): é a natureza dinâmica dos MCs, que nunca estão prontos. Diferente do que acontece com exercícios e provas, a busca pela “resposta certa” faz pouco sentido quando utilizamos MCs. Ela dá lugar à possibilidade de submeter os MCs a várias revisões ao longo do processo de aprendizagem; e

4. Hierarquia (H): é o ajuste fino da estrutura da rede proposicional do MC. A organização dos conceitos, em função do seu caráter mais inclusivo (no topo do MC), ou mais específico (na parte inferior do MC), favorece a compreensão do conteúdo por parte de quem o lê. Esta organização hierárquica favorece o processo de diferenciação progressiva dos conceitos, definido na Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e Retenção Significativas desenvolvida por Ausubel (2000).

A atividade de ensino foi realizada em um colégio particular da região metropolitana de São Paulo, com 39 alunos, divididos em cinco grupos, durante três aulas de cinquenta minutos. A atividade foi dividida em três etapas (Figura 3). A Etapa 1 da atividade consistiu na leitura de textos sobre o sistema digestório, sistema circulatório e sistema respiratório do corpo humano e obtenção de energia pela célula (KAPIT; MACEY; MEISAMI, 2004). A Etapa 2 envolveu a discussão sobre os textos lidos, enquanto a Etapa 3 contemplou a construção de um MC sobre o tema, relacionando os conceitos discutidos na atividade.

Figura 3. Etapas da atividade de ensino sobre obtenção de energia pela célula: leitura (Etapa 1), discussões sobre as leituras (Etapa 2) e elaboração do MC (Etapa 3).



Fonte: elaborada pelos autores.

Na Etapa 1 da atividade de ensino, os alunos foram divididos em oito grupos de cinco pessoas (exceto para o grupo que leu o texto 4, pois um dos alunos faltou na atividade). Havia dois grupos de número 1 (grupo 1 preto e grupo 1 branco); dois grupos de número 2 (grupo 2 preto e grupo 2 branco); dois grupos de número 3 (grupo 3 preto e grupo 3 branco) e dois grupos de número 4 (grupo 4 preto e grupo 4 branco). Os dois grupos de número 1 leram o texto sobre sistema digestório; os dois grupos de número 2 leram o texto sobre sistema respiratório; os dois grupos de número 3 leram o texto sobre sistema circulatório; e os dois grupos de número 4 leram o texto sobre produção de energia pela célula.

A Etapa 2 da atividade foi realizada na segunda aula disponibilizada para o assunto. Os alunos foram reorganizados em cinco grupos (A, B, C, D e E) de oito alunos cada um, de acordo com a distribuição apresentada a seguir. No grupo A, havia: um aluno proveniente do grupo 1 preto, um do grupo 1 branco, um do grupo 2 preto, um do grupo 2 branco, um do grupo 3 preto, um do grupo 3 branco, um do grupo 4 preto e um do grupo 4 branco. A mesma distribuição foi utilizada para formar os grupos B, C, D e E. Como havia um aluno ausente no dia da atividade de ensino, o grupo E teve somente um aluno responsável pela leitura do texto 4. Nesta etapa, os alunos explicaram o texto lido na Etapa 1 baseados nos aspectos discutidos e nas anotações realizadas.

Na Etapa 3, foi realizado um grupo de discussão com os alunos para solucionar as dúvidas remanescentes sobre o tema. Em seguida, os alunos começaram a elaborar um MC individual relacionando os conceitos discutidos, a fim de verificar se houve completo entendimento das relações entre os sistemas estudados e, também, se haviam compreendido que a função das hemácias é transportar oxigênio e gás carbônico, e não nutrientes. Na Etapa 3, três alunos não fizeram o MC, assim, o número total de MCs foi 36.

A pergunta focal foi: *como os nutrientes e o oxigênio chegam à célula?* Para a elaboração do MC, foram fornecidos quatro COs, que deveriam estar destacados no mapa: célula (CO1), nutrientes (CO2), oxigênio (CO3) e hemácias (CO4), e os estudantes deveriam completar esse MC com um total de nove conceitos.

Tratamento de dados

Análise de vizinhança

Todos os MCs ($n = 36$) foram analisados, considerando-se as proposições ($n = 235$, 70% do total) que continham os COs. Elas foram categorizadas a partir do conteúdo semântico. Para isso, uma planilha contendo todas as proposições foi elaborada para que três pessoas do nosso grupo de pesquisa sugerissem potenciais categorias (Quadro 1). Após esta etapa, os categorizadores (C) desenvolveram um conjunto consensual e negociado de categorias (CORREIA et al., 2010).

Quadro 1. Organização das proposições que contêm CO para o processo de categorização em termos de conteúdo semântico. As proposições (P) indicadas foram extraídas do MC apresentado na Figura 4.

P	Conceito inicial	Termo de ligação	Conceito final	C1	C2	C3
1	alimentos	são fontes de	nutrientes			
2	nutrientes	são importantes para a obtenção de	energia			
3	energia	é fundamental para o funcionamento das	células			
4	nutrientes	são transportados livremente pelo	sangue			
5	sangue	contém	nutrientes			
6	sangue	contém	oxigênio			
7	sangue	contém	hemácias			
8	oxigênio	é importante para a obtenção de	energia			
9	oxigênio	é transportado pelas	hemácias			
10	oxigênio	é fundamental para o funcionamento das	células			
11	nutrientes	são fundamentais para o funcionamento das	células			
12	oxigênio	é obtido a partir do	sistema respiratório			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e discussão

A escolha dos conceitos obrigatórios

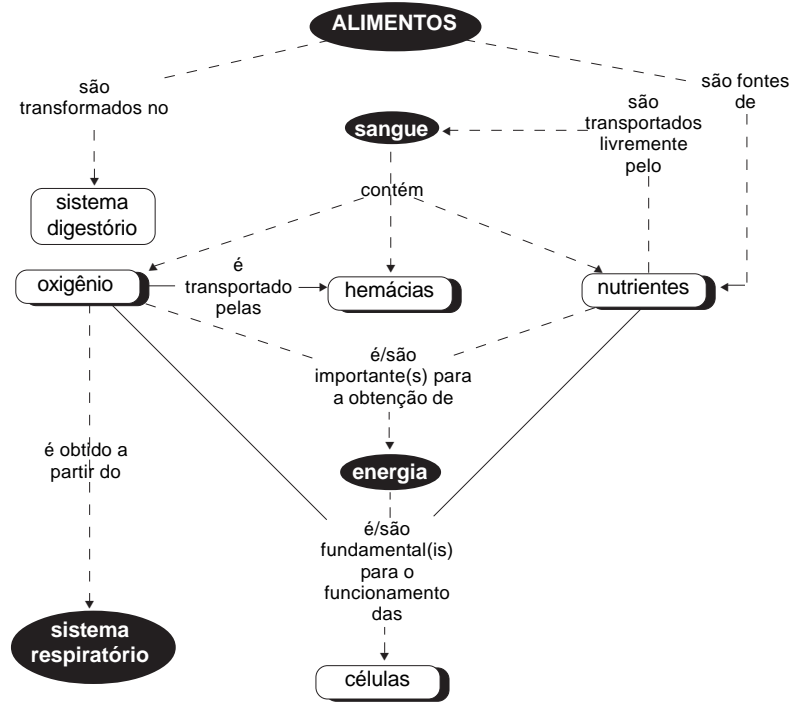
Para que a AViz revele o entendimento que os mapeadores têm sobre o tema, é necessário que os COs sejam escolhidos criteriosamente. Os autores deste trabalho elaboraram um MC com o propósito de identificar os conceitos importantes para representar como os nutrientes e o oxigênio chegam à célula, uma vez que o objetivo da atividade era identificar concepções dos alunos sobre obtenção de energia pelas células. Assim, optou-se por utilizar os conceitos célula, nutrientes, oxigênio e hemácias como COs (Figura 4). A partir desta decisão, as opções instrucionais foram feitas para enfatizar as relações conceituais entre esses conceitos.

Análise de vizinhança

As proposições foram categorizadas a partir do seu conteúdo semântico. Esta categorização teve como objetivo identificar as relações entre os conceitos que valorizam o entendimento integrado dos sistemas digestório, circulatório e respiratório, visando à obtenção de energia pelas células. O uso dos COs impôs, aos alunos, o desafio de estabelecer relações entre esses conceitos para responder à pergunta focal “*como os nutrientes e o oxigênio chegam à célula?*”. A frequência das categorias é apresentada na Tabela 1.

Duas categorias primárias de análise (*sem sentido e erro conceitual*) foram definidas *a priori* (Tabela 1). A categoria *sem sentido* identifica as proposições que apresentam pouca clareza semântica, por conta da má escolha do termo de ligação (ex.: nutrientes - e → oxigênio). A categoria *erro conceitual* tem como objetivo classificar as proposições em que os COs foram utilizados inadequadamente (ex.: nutrientes - contém → sangue).

Figura 4. MC elaborado pelos autores deste artigo para selecionar os COs.



Legenda: célula, nutrientes, oxigênio e hemácias (COs, retângulo sombreado); conceitos vizinhos (CVs, círculo preto); conceitos complementares (CCs, retângulo sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm relações entre COs; setas contínuas indicam proposições que contêm relação entre os COs.

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1. Frequências observadas para as categorias de análise.

Identificação	Primária	Secundária	Número de proposições
1		CO1 – CO2	18 (7,7 %)
2		CO1 – CO3	20 (8,5 %)
3	CO – CO	CO1 – CO4	3 (1,3 %)
4		CO2 – CO3	1 (0,4 %)
5		CO2 – CO4	0 (0,0 %)
6		CO3 – CO4	30 (12,8 %)
7		CO1 – CV	16 (6,8 %)
8	CO – CV	CO2 – CV	50 (21,3 %)
9		CO3 – CV	29 (12,3 %)
10		CO4 – CV	24 (10,2 %)
11	Sem sentido	–	25 (10,6 %)
12	Erro conceitual	–	19 (8,1 %)
	Totalização		235 (100 %)

Fonte: elaborada pelos autores.

A Tabela 1 mostra que a categoria predominante foi entre nutrientes (CO2) e os conceitos vizinhos (o CV mais utilizado para expressar relações com o CO2 foi sangue). O estabelecimento desta relação é relevante, visto que os nutrientes são transportados pelo sangue. Não foram estabelecidas relações entre os conceitos nutrientes (CO2) e hemácias (CO4). A ausência desta relação pode ser explicada, já que os conceitos trabalhados visavam o entendimento da função das hemácias (CO4) em transportar oxigênio (CO3) e gás carbônico, e não os nutrientes (CO2). Também é possível identificar o baixo número de proposições que apresentam relações entre nutrientes e oxigênio (CO2 - CO3) e células e hemácias (CO1 - CO4). A análise das proposições indicou que mais de 80% do conjunto analisado se encaixou nas categorias relacionadas com boa compreensão do assunto, articulando COs e CVs (categorias primárias CO - CO e CO - CV).

A apreciação conjunta dos MCs analisados (n = 36) possibilita a identificação de um único MC (2,8 %) que não apresentou relação entre os COs (Figura 5a, discutida a seguir), e que 25% dos MCs apresentaram somente uma proposição CO - CO. Os alunos que apresentaram 2 ou 3 relações entre os COs representam mais de 70% dos MCs, sendo que estes correspondem a, aproximadamente, 30% para duas proposições CO - CO, e mais de 40% para três CO - CO (ex.: Figura 5b, discutida a seguir). A ausência de relações entre os COs, quando estes são criteriosamente selecionados, é um indicador de que o aluno não respondeu à PF. Isso pode significar falta de entendimento conceitual sobre o tema mapeado.

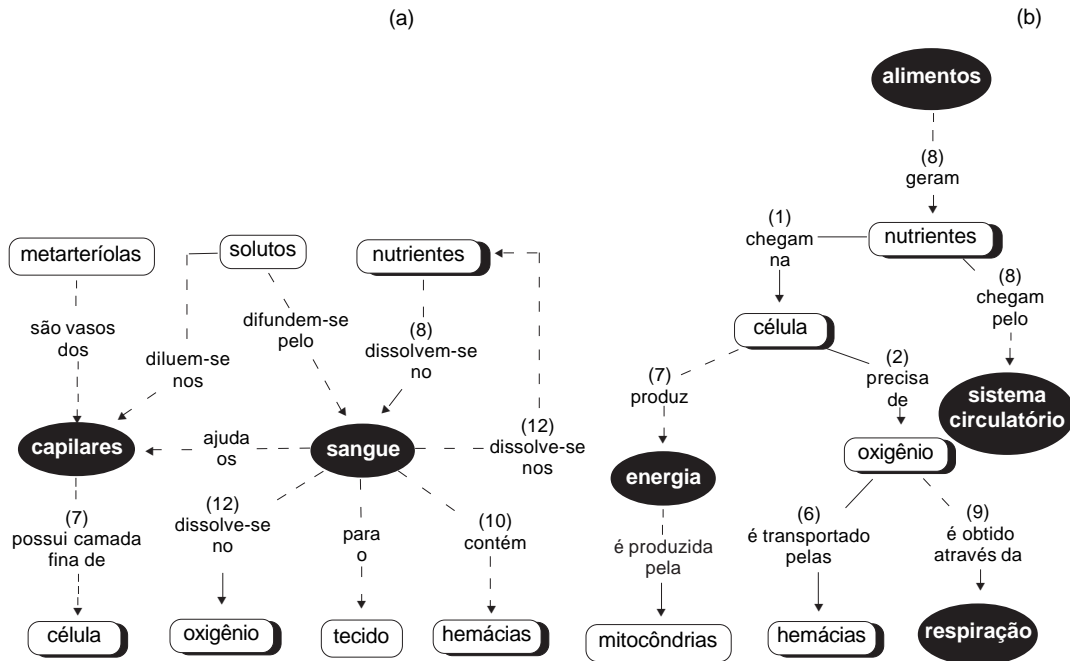
Mapas conceituais dos alunos

Com o objetivo de destacar as relações estabelecidas entre os COs (célula, nutrientes, oxigênio e hemácias), foram selecionados dois MCs produzidos pelos alunos para ilustrar os padrões identificados com a AViz (Figura 5): MCs com ausência de relações entre os COs (Figura 5a) e MCs com relações entre COs (Figura 5b).

No MC da Figura 5a, o aluno não estabeleceu relações entre os conceitos obrigatórios (COs). Ressalta-se que, neste MC, não há nenhuma proposição que relacione o oxigênio (CO3) com as hemácias (CO4). Esta relação (CO3 - CO4) é imprescindível para responder à pergunta focal (*como os nutrientes e o oxigênio chegam à célula?*), visto que, através dela, é possível verificar se houve entendimento de que a função das hemácias (CO4) é transportar oxigênio (CO3), e não nutrientes (CO2). A pergunta focal (PF) é o objetivo final do MC. Sua rede proposicional deve responder à PF da melhor maneira possível. Ela deve ser reconhecida como o parâmetro crítico para selecionar as proposições mais relevantes para garantir a qualidade do MC. A partir deste exemplo, é possível verificar que os COs, selecionados criteriosamente, contribuem para identificar os alunos que tiveram maior dificuldade para responder a PF. O indicador para este fato é a ausência de relações proposicionais entre os COs. Este MC também apresentou duas proposições na categoria erro conceitual (ex.: sangue - dissolve-se no → oxigênio e sangue - dissolve-se nos → nutrientes).

Já a Figura 5b mostra que o aluno estabeleceu várias relações entre os COs, além de relações entre CO e CV, mostrando boa articulação entre os conceitos. Este MC ilustra como o aluno relacionou os COs e CVs de forma adequada, ou seja, sem cometer erros conceituais e expressando, claramente, ideias por meio de proposições. Neste MC é possível identificar

Figura 5. MCs produzidos pelos alunos ilustrando a ausência e a presença de proposições CO-CO. A numeração das proposições indica a classificação nas categorias estabelecidas para análise (Tabela 1).



A Figura 5a representa um MC com ausência de relações entre os COs. A Figura 5b representa um MC com relações entre COs. Legenda: célula, nutrientes, oxigênio e hemácias, conceitos obrigatórios (COs, retângulo sombreado); conceitos vizinhos (CVs, círculo preto); conceitos complementares (CCs, retângulo sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm relações entre COs; setas contínuas indicam proposições que contêm relação entre os COs.

Fonte: mapas conceituais elaborados pelos alunos.

como os nutrientes (CO2) e o oxigênio (CO3) chegam às células, através da sequência de proposições indicadas com linhas contínuas na Figura 5b. Desta forma, fica evidente que o autor desse MC atingiu o objetivo pedagógico das atividades, que era compreender o papel das hemácias como transportadoras de gases para as células.

Considerações finais

A análise de vizinhança (AViz) é uma forma de avaliar os MCs elaborados durante o processo de aprendizagem. A seleção dos COs é a estratégia instrucional que fundamenta a AViz. Quando os COs são selecionados de forma criteriosa, as proposições estabelecidas entre CO-CO e CO-CV têm maior chance de revelar o nível de compreensão que o mapeador possui sobre o tema abordado. A identificação de relações conceituais ingênuas e de erros

conceituais pode ser uma forma de o professor identificar que o aluno não respondeu à PF permitindo uma orientação de estudo mais precisa.

Este presente trabalho partiu da escolha de quatro COs, os quais foram criteriosamente selecionados. A AViz possibilitou a identificação dos alunos que tiveram dificuldade em responder à pergunta focal ou, simplesmente, não entenderam o que estava sendo perguntado (Figura 5a). Além disso, o presente estudo permitiu verificar que a utilização de COs impõe, ao aluno, a necessidade de articulação entre esses conceitos (Figura 5b).

A AViz é uma análise com grande potencial para identificação de relações conceituais fundamentais do tema mapeado. A ausência destas relações é indicador da falta de entendimento conceitual. Os autores acreditam que os procedimentos da AViz com múltiplos COs, descritos nesse trabalho, serão úteis em outras áreas do conhecimento e em todos os níveis da educação formal.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2012/22693-5, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 486194/2011-6, por financiarem nossas pesquisas. C.A.T.C. agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2013/25868-3, pela bolsa de doutorado.

Referências

- AGUIAR, J. G.; CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. How can we prepare effective concept maps?: training procedures and assessment tools to evaluate mappers' proficiency. **Journal of Science Education: revista de educación en ciencias**, Bogota, v. 15, n. 1, p. 14-19, 2014.
- AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais?: estabelecendo parâmetros de referência e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/548/343>>. Acesso em: 10 mar. 2014.
- AMADIEU, F. et al. Effects of prior knowledge and concept-map structure on disorientation, cognitive load, and learning. **Learning and Instruction**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 376-386, 2009.
- AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer, 2000.
- CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. Análise de vizinhança: uma nova abordagem para avaliar a rede proposicional de mapas conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1401-1-1401-10, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n1/v34n1a12.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

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, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2013a.

Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID39/v3_n1_a2013.pdf>.

Acesso em: 10 mar. 2014.

_____. Mapeamento conceitual e o uso de conceito obrigatório para fazer avaliação diagnóstica dos conhecimentos dos alunos. **Journal of Science Education: revista de educación en ciencias**, Bogota, v. 14, p. 23-28, 2013b.

CORREIA, P. R. M. The use of concept maps for knowledge management: from classrooms to research labs. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, Berlin, v. 406, n. 6, p. 1979-1986, 2012.

CORREIA, P. R. M. et al. The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: Theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 18, n. 7, p. 678-85, 2010.

CORREIA, P. R. M.; DONNER JR., J. W. A.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Mapeamento conceitual como estratégia para romper fronteiras disciplinares: a isomeria nos sistemas biológicos. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 14, n. 3, p.483-495, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v14n3/a08v14n3.pdf> >. Acesso em: 04 fev. 2014.

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, A. J. Concept maps: experiments on dynamic thinking. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 44, n. 3, p. 448-465, 2007.

FISCHER, F. et al. Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. **Learning and Instruction**, Oxford, v. 12, n. 2, p. 213-232, 2002.

HAY, D. B. Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. **Studies in Higher Education**, Oxfordshire, v. 32, n. 1, p. 39-57, 2007.

HAY, D. B.; KINCHIN, I.; LYGO-BAKER, S. Making learning visible: the role of concept mapping in higher education. **Studies in Higher Education**, Oxfordshire, v. 33, n. 3, p. 295-311, 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**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 53-73, 2008.

IFENTHALER, D.; MASDUKI, I.; SEEL, N. M. The mystery of cognitive structure and how we can detect it: tracking the development of cognitive structures over time. **Instructional Science**, Dordrecht, v. 39, n. 1, p. 41-61, 2011.

KAPIT, W.; MACEY, R. L.; MEISAMI, E. **Fisiologia: um livro para colorir**. São Paulo: Roca, 2004.

KARPICKE, J. D.; BLUNT, J. R. Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. **Science**, Washington, v. 331, n. 6018, p. 772-775, 2011.

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**, Oxfordshire, v. 42, n. 1, p. 43-57, 2000.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. **Theory into Practice**, Columbus, v. 41, n. 4, p. 212, 2002.

MEYER, J. H. F.; LAND, R. Threshold concepts and troublesome knowledge (2): epistemological considerations and a conceptual framework for teaching and learning. **Higher Education**, Dordrecht, v. 49, n. 3, p. 373-388, 2005.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

NOVAK, J. D. Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, Hoboken, v. 86, n. 4, p. 548-71, 2002.

_____. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. New York: Routledge, 2010.

OLIVER, K. An investigation of concept mapping to improve the reading comprehension of science texts. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 18, n. 5, p. 402-414, 2009.

SAFAYENI, F.; DERBENTSEVA, N.; CAÑAS, A. J. A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 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.